Untersuchung

der

„Nachtfrostprognose nach Kammermann“

für

mehrere meteorologische Stationen

Nord- und Mitteldeutschlands.

Inaugural-Dissertation

der

hohen Philosophischen Fakultät der Universität zu Rostock

zur Erlangung der Doktorwürde

vorgelegt von

Alfred Ziegra

aus Berlin.

Berlin.
Verlag von Otto Salle.
1903.

Referent: Prof. Dr. Matthießen.

Meinen lieben Eltern!

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41552724_0072

Einleitung.

Der häufige Eintritt von Frostnächten im Frühjahr und Herbst bringt für das Gedeihen vieler Nutzpflanzen große Gefahr und bedeutet alljährlich für manchen Landwirt völligen Verlust seiner mühsamen Arbeit und für den Staat Verlust an Nationaleigentum.

Daher haben sich seit dem Aufblühen der Wetterkunde mehrere Forscher auch mit dieser Frage beschäftigt, zumal sie ja auch von allgemeinem Interesse ist und sich bemüht, an Hand der Beobachtungen Aufklärung über das Wesen der Nachtfröste zu schaffen. Um nun diese Kenntnisse auch für die Praxis wertvoll zu machen, forschten sie nach einem Mittel, mit welchem der Landmann selber ohne besondere Vorkenntnisse die tiefste Temperatur der kommenden Nacht vorherzusagen vermag, damit er noch zu rechter Zeit empfindliche Pflanzen vor Frostschaden schützen kann.

In der Tat hat man bei rechtzeitigen Vorsichtsmaßregeln durch Einmieten der Früchte oder durch Bedecken von Blumen und Weinpflanzungen mit Stroh ꝛc. einem Erfrieren derselben vorzubeugen vermocht. Aber nicht nur einzelne Pflanzen, sondern auch ganze Felder kann man, wie Versuche mit Frostfackeln gezeigt haben, erfolgreich vor Frostschaden bewahren. An der Windseite des Feldes oder zerstreut über dasselbe werden Frostfackeln oder kleine, stark qualmende Feuer entzündet, so daß sich in geringer Höhe eine Rauchwolke bildet, welche das zu schützende Feld bedeckt und die Wärmestrahlung der Erde in den Luftraum hindert.

Die Ursache der Temperaturabnahme zur Nachtzeit ist, wie wohl jetzt allgemein angenommen wird, in der Ausstrahlung der Wärme vom Erdboden in den kalten Weltraum und nicht nur, wie früher behauptet wurde, lediglich in der durch Verdunstung des Vegetationswassers bewirkten Wärmeentziehung zu suchen. Außerdem verstärken zwar häufig die im Frühjahr viel bei uns auftretenden NW-, N- und NE-Winde die Abkühlung, da sie uns im Frühjahr noch relativ kalte Luft zuführen.[1]) Am meisten sind jedoch Nachtfröste im April, Mai und September, in den Monaten, in denen ihre schädliche Wirkung bekannt ist, in klaren, windstillen Nächten beobachtet, so daß doch die Ausstrahlung der Wärme als Hauptfaktor der Abkühlung anzusehen ist.

Diese Strahlung wird um so größer sein, je mehr Wärme die Erde am Tage aufgenommen hat, sie wird sich aber auch mit der Durchlässigkeit der die Erde umgebenden Lufthülle ändern. Einen besonderen Einfluß übt auf die Wärmeverteilung in der Atmosphäre das in ihr enthaltene Wasser aus, da es beim Übergang in andere Aggregatzustände große Wärmemengen bindet resp. freigibt. Wenn nämlich die Temperatur bis zum Taupunkt gesunken ist, wird bei weiterer Wärmeentziehung Kondensation des in der Luft gasförmig enthaltenen Wassers eintreten. Die bei diesem Vorgange gewonnene Wärme des Wasserdampfes, welche nach den experimentellen Untersuchungen von Regnault ca. 600 Grammkalorien für ein Gramm kondensierten Wasserdampfes beträgt, wirkt einer weiteren Abkühlung entgegen und vermag das Fallen der Temperatur zu vermindern oder gar aufzuhalten. Da nunmehr bei Erreichung des Taupunktes auch die dem Boden Wärme entziehende Verdunstung des Wassers aufhört und dieser Umstand mit dazu beiträgt, einen Stillstand in der Abkühlung herbeizuführen, so ist es von Wichtigkeit für die Nachtfrostprognose, den Taupunkt zu bestimmen.

In dieser Annahme, daß die Berechnung des Taupunktes annähernd als Berechnung des kommenden Temperaturminimums gelten könne, haben die meisten Forscher geglaubt, eine Lösung des Problems gefunden zu haben.

In den Jahrgängen 1842 und 1845/46 der Monatsberichte der Gesellschaft für Erdkunde hat Schultz[2]) eine Zusammenstellung von Temperaturen des trockenen und feuchten Thermometers zu Berlin und Rom veröffentlicht und in einer späteren Schrift[3]) ihre Verwendbarkeit für die Nachtfrostprognose angegeben; denn die Temperatur des Psychrometers sowie der Taupunkt kommen zur Zeit des Sonnenunterganges (mittlere Zeit des Monats) der Temperatur „der im Durchschnitt kältesten Stunde" sehr nahe, wie sich aus fünfjährigen Mitteln ergibt.

Berlin			Rom		
Stand des feucht. Therm.	Taupunkt	Minimum	Stand des feucht. Therm.	Taupunkt	Minimum
7.6°	5.0°	5.7°	13.2°	10.0°	11.2°

Im Jahre 1884 hat Lang[4]) in München diese Frage wieder aufgenommen. Er gibt die Regel an, daß Nachtfrost nur dann auftritt, wenn der Taupunkt der Luft unter 0° liegt, und fügt eine Tabelle der Größen der Psychrometerdifferenz und der relativen Feuchtigkeit der Luft hinzu, welche einem Taupunkte von 0° entsprechen und außerdem eine graphische Tafel, in der nach Ablesung des Thermometers und Psychrometers sofort die Lage des Taupunktes bestimmt werden kann.

Am meisten hat sich bisher Kammermann[5]) in Genf mit dem Nachtminimum und dem Problem seiner Prognose beschäftigt. In seiner

ersten Arbeit[6]) über das nächtliche Temperaturminimum stellt er zur Berechnung desselben eine empirische Formel auf, welche sich darauf stützt, daß der Ausdruck $\frac{An}{t_{10}-m}$ sich annähernd als konstant erwies ÷ für Genf ca. 2,5 ÷, wobei „An" die Temperaturamplitude eines beliebigen Tages, „t_{10}" die entsprechende Psychrometertemperatur um 10 Uhr p m und „m" das zugehörige Nachtminimum bedeutet. Die daraufhin berechnete längere Formel erwies sich aber in Anbetracht ihrer unsicheren Ergebnisse als zu umständlich, so daß auch er zur Taupunktsmethode übergegangen ist. Für sechs Monate stimmt während des Jahres der Taupunkt so ziemlich mit dem Minimum überein. Da aber während dieser sechs Monate doch hin und wieder bedeutende Abweichungen eintraten, erschütterten diese sein Vertrauen zu der Methode und führten ihn zu einer Kombination derselben mit einer zweiten, welche allein gebraucht ebenfalls ungenaue Werte aber in Verbindung mit der ersteren schon bessere Resultate ergab. Diese zweite Methode beruht auf einem Vergleiche der normalen täglichen Temperaturamplitude für Genf mit der beobachteten.

Da Kammermann nun durch die Vereinigung der beiden Methoden gewissermaßen mit der Temperatur die Wärmemenge und mit dem Taupunkte den Feuchtigkeitsgehalt der Atmosphäre berücksichtigt, ist er auf folgende Überlegung gekommen. Der Grad der Wärmestrahlung eines Körpers hängt, abgesehen von seiner eigenen Leitfähigkeit, von der in ihm enthaltenen Wärmemenge und der Natur des ihn umgebenden Stoffes ab. Je schlechter der letztere die Wärme leitet — die Luft bei der Erde —, um so weniger wird der Körper an Wärme einbüßen. Dieser isolierende Widerstand der Luft gegen die Strahlung der Erde ist aber von dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft abhängig. Also, schließt er, ist die nächtliche Abkühlung eine Funktion dieser beiden Größen (der von der Erde am Tage aufgenommenen Wärmemenge und der Luftfeuchtigkeit). „Nun besitzt aber die Meteorologie ein Instrument, dessen Angabe eine Funktion dieser beiden Variablen ist, nämlich das feuchte Thermometer". Daraufhin verglich er die Temperatur des Psychrometers z. B. um 1 h p m mit dem darauffolgenden nächtlichen Temperaturminimum und fand für die Differenz dieser beiden Größen (die Kammermannsche Differenz) folgenden Satz[7]): „La différence entre la température indiquée pour une heure fixe par le thermomètre à boule mouillée et le minimum de nuit est à peu près constante pendant toute l'année."

Seine Untersuchungen ergaben nämlich für diese Differenz nach zwanzigjährigen Mittelwerten für Genf:

Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.
3.7°	4.3°	4.3°	4.1°	4.1°	4.0°	3.7°	3.9°	4.2°	4.2°	3.3°	3.1°

Die „Differenz" zeigt also im Laufe des Jahres nur eine Schwankung von 1,2°. In einer späteren Arbeit[8]) untersucht er ferner das jährliche Mittel der gleichen „Differenz" für die Stationen: „Haparanda, Upsala, Stockholm, Lund, Berlin, Breslau, Schneekoppe, Schneeberg, Säntis, Genf, Toulouse, Pic du Midi, Alger, Constantine, La Cannée (Crete), Biscra, Port Said, Ismailia, La Palmas, Naos und St. Dénis," und erhält dabei den zweiten Satz: „La différence entre la température moyenne du thermomètre à boule mouillée à une heure déterminée et le minimum de température diminue avec la latitude et varie en sens invers de la hauteur."

Daß nun diese Angaben als vollgültig anzusehen sind, erscheint mir bei dem zweiten Satze besonders aus später zu erörternden Gründen noch zweifelhaft, da die Mittelwerte der meisten Stationen Beobachtungen mit einer Gesamtdauer von zwei Monaten bis zu einem Jahre entstammen.

Für die praktische Anwendung würde eine derartig einfache Bestimmung des Minimums mit Benutzung des Psychrometers von außerordentlichem Nutzen sein, wenn man Resultate von hinreichender Sicherheit erhielte.

Aus diesem Grunde und durch die Arbeit Kammermanns angeregt, haben noch andere Forscher sich veranlaßt gesehen, diese Methode zu untersuchen. So erhält Berthold[9]) für die Station Schneeberg Ergebnisse, welche denen von Genf gegenüber nur unbedeutende Abweichungen aufweisen, (ca. 0.3°) eine Tatsache, welche er durch die gleiche Seehöhe und Temperaturschwankung der beiden Orte erklärt. Indem er aber weiter die Fälle untersucht, in denen das beobachtete Minimum unter das der Prognose fällt, erhält er (bei achtjährigen Mitteln für die benutzte „Differenz") von allen abweichenden Fällen um mehr als ein Procent fehlerhaft:

für { Mai 76 Fälle = 32 % / Juni 60 „ = 25 % / Sept. 78 „ = 32 % } von diesen waren schadenbringend { Mai 30 Fälle = 12.5 % / Juni 2 „ = 5/6 % / Sept. 9 „ = 4 % }

Er erklärt diese Fälle so, daß bei einem „Feuchtigkeitsmanko" von 3 % gegen den Durchschnittsgehalt der Luft an Feuchtigkeit um 2 h. p. m. die „Differenz" sich um 1° erhöht." Durch „erfahrungsgemäße" Vergrößerung der Differenz bei NW- bis E-Winden glaubte er „95 % Treffer" erzielen zu können.

Troska[10]) in Leobschütz zeigt, daß die Kammermannsche Benutzung des Psychrometers eigentlich identisch ist mit der einfachen

Taupunktsmethode. „Denn bei mittleren Feuchtigkeitsprocenten und mittleren positiven Temperaturen steht das feuchte Thermometer fast stets 4° ca. niedriger als das trockene. Ebenso ist bekanntlich der Stand des Psychrometers die mittlere arithmetische Proportionale zwischen dem Stande des Taupunktes und des trockenen Thermometers." Also liegen bei mittlerer Feuchtigkeit der Taupunkt und auch das Minimum im Mittel einer längeren Beobachtungsreihe rund 4° C unter dem Stande des feuchten Thermometers. Eine Vergleichung der mit beiden Methoden — mit der „Kammermannschen Differenz" und der Taupunktsmethode — berechneten Minima mit dem beobachteten Minimum ergibt in Leobschütz für:

	Kammerm. Methode	Taup.-Methode	beobacht. Minimum
April	6.26°	5.93°	5.28°
Mai	8.69°	8.05°	9.20°

Trotzdem die Unterschiede gering sind, kann er der Kammermannschen Methode, einen „großen praktischen Vorzug" nicht absprechen, da dieselbe im Verlaufe der beiden Monate bei einigen außergewöhnlichen Abweichungen des Taupunktes vom Minimum die brauchbareren Resultate lieferte.

In Finnland ist die Frage nach einer brauchbaren Prognose dringender, da die Gefahr der Nachtfröste häufiger dort auftritt als bei uns. Daher haben sich dort mehrere Forscher[11]) mit der Untersuchung der Ursachen der Nachtfröste im Frühjahr und Herbst beschäftigt.

Besonders Homén[12]) hat in letzter Zeit die Frage der Nachtfrostprognose wieder aufgenommen. Auch er erwähnt die Kammermannsche Methode allerdings mit dem Bemerken, daß es für die praktische Prognose nicht genügt zu sagen, wie weit das Minimum der nächtlichen Temperatur „gewöhnlich" fällt, sondern wie weit es fallen kann, wenn Frost zu erwarten ist.

Er macht bereits auch auf den Unterschied der Minimumbestimmungen in der Thermometerhütte und auf dem Felde neben der Saat aufmerksam und bemerkt außerdem, daß Thermometerablesungen im Freien (wie schon Hamberg und Jühlin nachwiesen) in klarer Nacht Fehler bis zu 1° aufwiesen, wenn die Thermometer gegen eigene direkte Ausstrahlung in den Himmel ungeschützt sind. In seinen Untersuchungen mit Benutzung der Taupunktsmethode zeigt er, daß auf freiem Felde die Temperatur häufig unter den am Tage oder Abend bestimmten Taupunkt sinkt, so daß derartige Untersuchungen nur einen Erfolg werden aufweisen können, wenn die Bestimmungen längere Zeit hindurch zumal bei Frostgelegenheiten an Ort und Stelle ausgeführt werden.

Um nun über das Wesen und den eventuellen Nutzen der Kammermannschen Methode für die Vorherbestimmung von

Nachtfröſten in unſerem Lande genauere Kenntnis zu erhalten, habe ich dieſelbe auf Anregung meines hochverehrten Lehrers, des Herrn Prof. Dr. R. Börnſtein für mehrere Stationen Nord- und Mitteldeutſchlands unterſucht.

Das Material iſt mir von

Herrn Prof. Dr. Börnſtein aus der Landwirtſchaftlichen Hochſchule (Berlin) für die Station Berlin (Landw. Hochſch.),

von Herrn Prof. Dr. Kremſer aus dem Königl. Meteorologiſchen Inſtitut (Berlin) für die Stationen: Breslau, Emden, Helgoland, Klaußen, Trier, Wuſtrow,

von Herrn Prof. Schubert aus der Königl. Forſtakademie (Eberswalde) für die Station Eberswalde,

von Herrn Prof. Dr. Sprung aus dem Königl. Meteorol.-Magnet. Obſervatorium (Potsdam) für die Station Potsdam,

in liebenswürdigſter Weiſe zur Verfügung geſtellt worden.

Beſtimmung der Kammermannſchen Differenz. „Abhängigkeit derſelben vom Klima."

Die „Kammermannſche Differenz", die Differenz der Temperatur des Pſychrometers um 2 Uhr Nachmittags reſp. 9 oder 10 Uhr Abends und dem nächtlichen Minimum der Temperatur, habe ich für die oben genannten Stationen berechnet und zwar:

Für die Station	Berlin (Landw. H.)	aus einer Reihe von	20	Jahren	(1883—1902)
„ „ „	Breslau	„ „ „ „	20	„	(1860—1879)
„ „ „	Trier	„ „ „ „	17	„	(1851—1867)
„ „ „	Klaußen	„ „ „ „	20	„	(1860—1879)
„ „ „	Wuſtrow	„ „ „ „	11	„	(1867—1876)
„ „ „	Helgoland	„ „ „ „	14	„	(1873—1887)
„ „ „	Emden	„ „ „ „	10	„	(1870—1879)
„ „ „	Eberswalde	„ „ „ „	5	„	(1897—1901)
„ „ „	Potsdam	„ „ „ „	9	„	(1893—1901)

Die oben beſtimmte „Differenz" werde ich im folgenden mit „d" bezeichnen und zwar ſoll d (2 p) die für die Ableſung der Thermometer um 2 Uhr Nachmittags berechnete „Differenz" bedeuten, [entſprechend (d (9 p), d (10 p)].

Die Auswahl der betreffenden Jahresreihen, für welche d berechnet wurde, iſt nicht, wie es auf den erſten Blick ſcheint, willkürlich ſo verſchieden getroffen worden, ſondern durch das Vorhandenſein der Pſychrometertemperaturen in den „Terminbeobachtungen" der einzelnen Stationen beſtimmt. Auf faſt allen Stationen fallen die Aufzeichnungen der Temperaturen des feuchten Thermometers vom Jahre 1880 an in den „Terminbeobachtungen" aus und werden erſt ſeit kurzer Zeit wieder notiert. Ausgenommen ſind hiervon die Stationen: Berlin (Landw. H.), Potsdam und Eberswalde.

Ebenso sind nach Möglichkeit solche Stationen ausgewählt worden, bei welchen die Monatsmittel der Temperaturen in den „Terminbeobachtungen" berechnet vorlagen, abgesehen von anderen, wichtigeren Rücksichten, welche sich im Verlaufe der Arbeit aus der Verwertung der Stationsangaben ertennen lassen. Daß es durchaus nicht gleichgiltig ist, ob für die Abendablesungen 9h p oder 10h p gewählt wurde, und daß man nicht ohne weiteres die Mittelwerte aus den Jahren 1860 bis 1879 für eine Station mit denen einer anderen Jahresreihe z. B. 1883—1902 für eine andere Station vergleichen kann, wird sich aus der Beurteilung der Werte für die einzelnen Stationen ergeben. Für die Station Berlin (Landw. H.) wurde die Zeit der Abendablesungen im Jahre 1888 von 8p auf 9p verlegt. Daher betrachte ich für d (9p) nur die Werte vom Jahre 1888 an.

Kammermann hatte zwar schon die Annahme gemacht, daß die Werte von d (2p) sich von denen von d (9p) unterscheiden und daß die letzteren kleiner und daher für die praktische Prognose brauchbarer sein würden, ohne eine Bestätigung für diese Annahme zu bringen. Er hielt schon aus dem Grunde die Möglichkeit der Aufstellung der Prognose um 1 oder 2 Uhr nachmittags für einen großen Vorteil, weil er (bei gleicher Sicherheit der am Mittage oder Abend aufgestellten Prognose) glaubte, durch einen geregelten Wetterdienst alle umliegenden Ortschaften von einer „Station" aus im Falle der Frostgefahr noch zu rechter Zeit warnen zu können.

Nun hat aber unter anderen auch Homén gezeigt, daß nach Beobachtungen auf einer wenig tiefer gelegenen Wiese Frost eintrat, während ein nahegelegener Acker verschont blieb, daß also infolge der Bodenbeschaffenheit die Frostgefahr selbst für benachbarte Gelände nicht die gleiche ist. Daher hat meine Berechnung von d (9p) resp. d (10p) nur den Zweck, zur Aufklärung über das Wesen der „Differenz" und die vielleicht größere Sicherheit der Prognose mit derselben am Abend beizutragen.

Als ersten Satz hatte Kammermann die Behauptung hingestellt, daß die „Differenz" im Verlaufe des ganzen Jahres „ziemlich" konstant sei. Hieraus folgt eine Vernachlässigung ihrer jährlichen Schwankung, welche allerdings für Genf nur 1.2° beträgt. Dennoch halte ich diese Ungenauigkeit nicht für zulässig, da sie bei anderen Stationen größer wird und die jährliche Schwankung der „Differenz" wie weiter unten gezeigt werden wird, bei einigen Stationen 2° übersteigt.

Überhaupt möchte ich bemerken, kann eine derartige Prognose doch nur wirklichen Nutzen bringen, wenn sie die Vorherbestimmung des kommenden nächtlichen Temperaturminimums mit nicht zu großer Abweichung von dem tatsächlich beobachteten Minimum ermöglicht. Da

nun, wie sich noch zeigen wird, mehrere Fehlerquellen existieren, welche bei allzu mechanischer Prognosenstellung das Resultat durchaus falsch machen können, ist es wohl einzusehen, daß man bei wissenschaftlicher Untersuchung der Vorgänge in der Atmosphäre keinen Faktor von einigem Einflusse unberücksichtigt lassen darf, wenn man die Möglichkeit, eine annähernd sichere Prognose zu erhalten, nicht aufgeben will, und sich wie Schultz[13]) damit beruhigen: „Allein auch die allgemeinen Wetterprognosen treffen nicht immer zu."

Für die einzelnen Stationen gebe ich nun in je einer Tabelle die in jedem einzelnen Jahre erhaltenen und die Gesamtmonatsmittel aus allen Jahren für die am Nachmittage 2 h p und am Abend 9 h p resp. 10 h p berechnete „Differenz", ferner das größte und kleinste Monatsmittel (Maximum und Minimum) und die Differenz der letzteren (Amplitude).

Auf der beigefügten Kurventafel ist deutlich die Schwankung der „Differenz" im Laufe des Jahres zu sehen.

Eine Zusammenstellung der für die einzelnen Stationen erhaltenen Kurven befindet sich am Schlusse der Arbeit auf Tafel I und II.

Zu bemerken ist noch, daß die Werte der meisten Stationen in Graden der Reaumurschen Skale angegeben sind, und daß ich nur die Gesamtmittel zum Vergleiche in Celsius-Grade übertragen habe.

Für die Station Berlin (Landw. H.) erhalten wir demnach folgende Werte von d (2 p) und d (9 p).

Es bedeute h_e die Höhe der Thermometer über dem Erdboden, H die Seehöhe der Station, λ die östliche Länge von Greenw., φ die nördliche Breite (s. folg. Tabelle auf S. 13).

Für Berlin (Landw. H.) beträgt also der Wert von d (2 p) 2.73° im Jahresmittel gegen 3.91° für d (1 p) in Genf und der Wert von d (9 p) 1.60°.

Die jährliche Schwankung der „Differenz" weist, wie Tabelle und Kurven ergeben, zwei Maxima und zwei Minima auf, von denen die ersteren in das Frühjahr und in den Herbst, die letzteren in den Sommer und in den Winter fallen, eine Form, welche wir für die

Tabelle der „Kammermannschen Differenz" für die Station Berlin (Landw. Hochsch.).

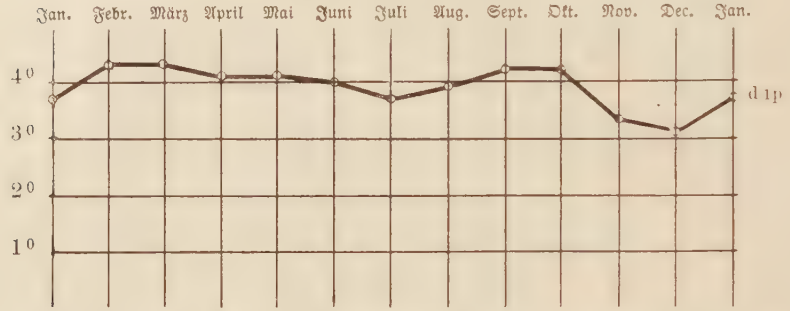
ht. = 17,1 m; H = 51,3 m; $\lambda = 13^{0}\,22^{1}$; $\varphi = 52^{0}\,31^{1}$; ^{0} Celsiusgrade.

Jahr	Januar		Februar		März		April		Mai		Juni		Juli		August		Septbr.		Oktobr.		Novbr.		Decbr.	
	d (2 p)	d (9 p)	d (2 p)	d (9 p)	d (2 p)	d (9 p)	d (2 p)	d (9 p)	d (2 p)	d (9 p)	d (2 p)	d (9 p)	d (2 p)	d (9 p)	d (2 p)	d (9 p)	d (2 p)	d (9 p)	d (2 p)	d (9 p)	d (2 p)	d (9 p)	d (2 p)	d (9 p)
1883			3.91		4.40		4.29		3.66		2.27		1.59		2.47		2.85		3.21		2.76		2.25	
4	2.07		2.64		3.91		4.51		4.34		3.01		2.64		3.25		3.66		2 53		3.21		1.65	
5	2 65		3.25		2 16		3.87		2.86		3.14		1.97		2.15		3.05		2.36		2.37		2.10	
6	2 89		3.22		2.21		3.00		3.38		2.41		2.79		2.25		2.59		3.45		2.59		1.81	
7	3.10		3.74		3.15		3.89		2.81		3.52		2.41		2.76		2.69		2.99		2.91		2.40	
8	2.12	1.75	3.32	1.98	3.75	3.01	3.46	2.13	2.90	1.66	2.04	0.99	1.91	1.40	2.27	1.07	3.86	2.19	3.18	1.91	2.38	1.46	2.61	1.51
9	2.88	1.87	2.82	1.34	3.67	2.42	2.69	1.56	2.18	1.11	1.46	0.55	1.76	1.07	2.40	1.53	3.04	1.14	2.76	1.78	2.92	1.71	1.62	1.18
1890	2.73	1.96	3.01	2.03	3.84	2.71	3.13	2.02	2.77	1.59	2.21	1.56	2.75	1.85	2.17	1.21	3.06	1.79	2.36	1.34	2.27	1.53	2.39	1.67
1	3.37	2.56	2.57	1.58	3.12	1.95	3.38	2.02	2.85	1.61	2.93	2.03	1.85	1.15	2.49	1.45	2.93	1.46	3.67	1.87	2.54	1.64	2.45	1.66
2	2.10	1.15	2.98	1.59	3.89	2.74	4.12	2.75	3.54	2.13	2.76	2.00	2.58	1.65	2.54	1.37	3.44	2.12	3.48	1.78	2.97	1.44	2.31	1.42
3	4 52	3.62	2.82	2.14	3.39	2.69	4.44	2.52	3.30	2.05	2.75	1.59	2.01	0.84	2.38	1.22	3 38	1.84	2.51	1 09	2.37	1.52	2.10	1.24
4	2.72	2.09	2.44	1.79	3.58	2.57	3.39	2.03	3.00	1.98	1.96	1.40	1.62	0.87	2.38	1.62	3.38	1.91	2.71	1.36	2.25	1,22	2 20	1.45
5	3.05	2.05	3.51	1.97	3.43	2.15	3.81	2.35	3.30	2.21	2.34	1.33	1.92	0.87	2.18	1.07	3.24	1.99	3.34	1.72	2.76	1.02	2.26	1.29
6	2.55	1.64	2.49	1.61	2.95	2.06	2.57	1.93	3.04	1.76	2.61	1.84	2.17	1.48	2.59	1.58	3.06	1.54	3.53	1.80	2.56	1.58	1.93	1.37
7	1.95	1.06	1.91	2.05	2.63	1.55	3.75	2.79	3.31	2.17	2.40	1.67	1.96	1.22	2.36	1.22	2.87	1.58	2.90	1.74	3 02	1.61	2.01	1.04
8	2.15	1.47	2.68	1.62	2.45	1.72	2.73	1.68	2.95	1.70	2.07	1.23	2.29	1.34	2.55	1.36	2.05	1.70	2.82	1.57	2.86	1.74	2.17	1.47
9	2.49	1.46	2.94	1.74	3.97	2.38	3.79	2.20	2.77	2.72	2.50	1.66	1.71	0.88	2.94	−0.25	2.83	1.29	4.07	2.34	2.40	1.40	2.59	1.88
1900	2.08	0.77	2.44	1.56	2.86	1.55	2.43	1.77	1.90	1.17	1.59	0.86	1.08	0.55	1.66	0.98	2.13	1.05	2.67	1.28	2.18	1.36	1.66	0.28
1	3.15	1.97	2.96	2.12	2.41	1.53	2.88	1.29	2.17	0.95	1.35	0.22	1.11	0.35	1.38	0.22	2.31	0.67	2.70	1.30	2.11	1.73	2.03	1.41
2	1.85	0.98																						
Max.	4 52	3.62	3.91	2.14	4.40	3.01	4.51	2.79	4.34	2.72	3.52	2.03	2.79	1.85	3.25	1.62	3.86	2.19	4.07	2.34	3.21	1.74	2.61	1.88
Min.	1.85	0.77	1.91	1.34	2.16	1.53	2.43	1.29	1.90	0.95	1.35	0.22	1.08	0.35	1.38	0.25	2.05	0.67	2.36	1.09	2.11	1.02	1.62	0.28
Amplit.	2.67	2.85	2.00	0.80	2.24	1.48	2.08	1.50	2.44	1.77	2.17	1.81	1.71	1.50	1.87	1.87	1.81	1 52	1.71	1.25	1.11	0.72	0.99	1.60
Mittel	2.65	1.76	2.93	1.79	3.25	2.22	3.48	2.07	3.00	1.77	2.38	1.34	2 01	1.18	2 38	1.08	2.96	1.59	3.01	1.63	2.60	1.49	2.13	1.35

Jahresmittel von		Differenz der absoluten Extreme von	
d (2 p)	d (9 p)	d (2 p)	d (9 p)
2.73^{0}	1.60^{0}	1.47^{0}	1.14^{0}

Kurven, die den jährlichen Verlauf der „Differenz" darstellen, mit geringen Abweichungen auf allen Stationen wieder antreffen. Die Differenz der „absoluten Extreme" von d, die Amplitude der in der Kurve dargestellten Welle, beträgt für d (2 p) 1.47° und für d (9 p) 1.14°.

Des Vergleichs halber sei hier der Verlauf von „d" in Genf gegeben: (nach Kammermann).



Der Berliner Kurve am ähnlichsten verläuft die für Trier. Das Jahresmittel von d (2 p) liegt etwas höher als in Berlin und beträgt 3.23°, während der geringere Wert von d (10 p) 1.36° auf die spätere Ablesungszeit um 10 Uhr abends zurückzuführen ist.

Denn bei der Annäherung an den Zeitpunkt, in welchem das Temperaturminimum eintritt, nimmt nicht nur die Differenz zwischen der Temperatur des trockenen Thermometers und dem Minimum ab, welche ja bei Erreichung des letzteren 0° wird, sondern selbstverständlich auch die um die psychrometrische Differenz kleinere „Kammermannsche Differenz". Die Amplitude beträgt für Trier für d (2 p) 1.53° und für d (10 p) 0.80°.

Jährlicher Verlauf von „d" in Trier:

(Vergl. Tabelle S. 15).

Für den Vergleich der beiden Kurven von „d" für Berlin und Trier ist außerdem noch der Umstand in Betracht zu ziehen, daß die Mittelwerte für die „Differenz" in Berlin einer anderen Jahresreihe entstammen als die für Trier. Daß selbst bei zehnjährigen Mittelwerten für verschiedene Reihen von 10 Jahren häufig die Werte ver-

Tabelle der „Kammermannschen Differenz" für die Station Trier.

ht. = 10,5 m; H = 150,5 m; $\lambda = 6^{0}38^{1}$; $\varphi = 49^{0}45^{1}$.

Jahr	Januar		Februar		März		April		Mai		Juni		Juli		August		Septbr.		Oktober		Novbr.		Decbr.	
	2 p	10 p	2 p	10 p	2 p	10 p	2 p	10 p	2 p	10 p	2 p	10 p	2 p	10 p	2 p	10 p	2 p	10 p	2 p	10 p	2 p	10 p	2 p	10 p
1851	2.18	0.03	3.50	1.68	2.22	0.80	2.14	0.58	1.76	0.44	2.20	0.64	1.71	0.42	1.72	0.27			2.32	0.79	1.46	0.68	1.76	0.79
2	1.70	1.01	1.43	0.43	3.60	1.48	3.50	1.16	2.05	0.45	1.77	0.44	2.06	0.89	−1.58	0.23			2.96	1.10	1.09	0.11	1.35	0.51
3	1.24	0.31	2.64	1.29	3.87	2.00	2.52	0.56	2.20	0.55	1.80	0.41	1.78	0.07	2.19	0.39	2.53	0.78	3.40	1.51	2.42	1.12	3.60	2.11
4	2.79	1.66	3.04	1.66	4.18	2.82	5.09	2.15	3.13	1.29	1.56	0.45	2.42	0.68	2.55	0.97	3.25	1.59	3.00	1.27	2.50	1.51	2.38	1.59
5	3.60	2.41	4.05	2.50	3.40	1.83	3.36	1.48	2.65	0.84	1.83	0.19	2.12	0.66	2.72	0.82	4.21	1.70	2.23	0.80	2.57	1.46	3.12	1.94
6	2.96	1.93	4.27	2.87	3.33	1.35	3.34	1.39	2.09	0.79	2.32	0.94	2.48	0.95	1.69	0.35	2.63	0.93	4.15	1.89	1.62	1.34	2.35	1.58
7	1.76	0.96	4.91	2.43	3.87	2.02	3.14	1.43	3.19	1.05	2.55	1.05	1.80	0.70	3.65	0.39	3.01	1.30	3.60	1.57	3.39	1.64	2.29	1.24
8	2.83	1.74	3.68	1.80	4.52	2.48	3.61	1.39	2.92	1.30	2.21	0.26	2.17	0.59	2.69	1.33	3.10	2.21	4.33	2.33	3.15	1.82	1.30	0.48
9	1.99	1.07	2.11	0.79	2.18	0.64	2.56	0 98	2.65	0.79	2.29	0.68	1.74	0.41	1.78	0.12	2.14	0.66	1.98	1.01	2.21	0.70	2.11	1.58
1860	1.30	0.50	2.55	1.32	2.93	1.45	2.44	0.73	2.07	0.39	2.37	0.66	1.59	0.09	1.60	0.28	2.33	0.68	2.58	1.00	3.02	1.38	2.25	1.36
1	3.81	2.11	2.55	0.16	2.65	1.05	3.33	1.09	2.60	0.90	2.23	0.86												
2													2.70	1.04	3.43	2.05	3.95	2.09	2.76	1.18	1 24	0.23	1.11	0.18
3	1.36	0.43	3.49	1.35	3.93	1.36	3.27	1.15	3.34	1.40	3.39	1.81	3.24	1 68	3.25	1.52	3.00	1.43	3.35	1.60	2 45	0.95	1.59	0.79
4	3 05	1.25	3.24	2.05	3.41	1.49	3.50	1.18	3.16	1.63	−0.22	1.73	2.66	1.22	3.08	1.58	2.15	0.35	2.75	0.86	2.44	0.73	2.34	1.01
5	1.59	0.73	1.75	0.58	1.75	0.31	4.44	1.74	2.69	0.97	2.19	0.88	2.84	1.21	2.39	0.91	2.72	1.27	2.71	0.98	1.54	0.31	2.21	0.83
6	1.84	0.71	1.55	0.57	2.43	0.82	3.00	0 80	3.01	1.44	2.36	1.08	1.86	0.93	2.28	1.08	2.44	1.03	4.60	1.86	1.09	0.16	1.13	0.74
7	2.10	0.99	1.91	0.34	2.22	0.79	2.83	0.93	3.79	1.49	2.96	1.15	2.25	0.99	3.59	1.84	2.76	1.08	2.18	0.72	1.87	0.44	1.80	0.67
Max.	3.81	2.41	4.91	2.87	4.52	2.82	5.09	2.15	3.79	1.63	3.39	1.81	3.24	1.68	3.65	1.84	4.21	2.21	4.60	2.33	3.39	1.82	3 60	2.11
Min.	1.24	0.03	1.43	0.16	1.75	0.31	2.14	0.56	1.76	0.39	−0.22	0.19	1.59	0.07	−1.58	0.12	2.14	0.35	1.98	0.72	1.09	0.11	1.11	0.18
Amplit.	2.57	2.38	3.48	2.71	2.77	2.51	2.95	1.59	2.03	1.24	3.67	1.62	1.65	1.61	5.23	1.72	2.07	1.86	2.62	1.61	2.30	1.71	2.49	1.93
Mittel R⁰	2 25	1,12	2.92	1.36	3.15	1.42	3.25	1.18	2.70	0.98	2.11	0.83	2.21	0 78	2.31	0.88	2.88	1.22	3.05	1.28	2.13	0.91	2.03	1.28
Mittel C⁰	2 82	1.40	3.65	1.70	3.94	1.78	4.07	1.48	3.38	1.22	2.63	1.04	2.76	0.98	2.89	1.10	3.60	1.53	3.82	1.60	2.66	1.14	2.54	1.35

Jährliches Mittel von		Differenz der absoluten Extreme von	
d (2 p)	d (10 p)	d (2 p)	d (10 p)
3.32⁰	1.36⁰	1.53⁰	0.80⁰

schieden ausfallen, (was wiederum leicht zu, wenn auch geringen, Fehlern führen kann), zeigt uns beispielsweise deutlich die Tabelle und Kurve der „Differenz" für Breslau.

Der zwanzigjährige Mittelwert für „d" beträgt in Breslau 3.42° für d (2p) und 1.68° für d (10p). Die Amplitude von d (2p) erreicht den Wert von 2.45°, für d (10p) den Wert 1.54°.

Jährlicher Verlauf von „d" für die Station Breslau.

Bei einem Blick auf die Kurventafel (S. 16) fällt uns beim Vergleich mit den Kurven für die „Differenz" in Berlin und Trier sofort der ausnehmend große Wert von „d" im Oktober auf. Im Oktober erreicht die Kurve für „d" in Breslau das größere Maximum, im Gegensatz zu den vorher betrachteten Kurven, welche das absolute Maximum von „d" im Frühjahr angeben. Eine Änderung hiervon ergibt sich sofort, wenn wir nur aus den letzten 10 Jahren (also 1870—1879) die Mittelwerte berechnen.

Das Maximum im Oktober sinkt dann herab auf 4.05°. Zwar bleibt, trotzdem der Wert von „d" im Oktober am meisten abnimmt, doch das absolute Maximum im Oktober bestehen (siehe — — — Kurve für d (2p). Immerhin zeigt die Tabelle, daß jener ziemlich hohe Oktoberwert nicht einem einzelnen Jahrgange entstammt, sondern mehreren Jahren der ersten Hälfte. (1861/65/66/68)

Auch die Amplitude der Kurve ändert sich infolgedessen und nimmt den verminderten Betrag von 1.96° statt 2.45° an. Man kann daraus entnehmen, daß wenn solche Ungenauigkeiten und Fehlerquellen für die Richtigkeit der Prognose schon aus der Auswahl der Jahre hervorgehen, nur langjährige Mittelwerte eine einigermaßen zuverlässige Größe für die an einem bestimmten Orte zu verwendende „Differenz" ergeben.

Infolgedessen erscheint es fast unzulässig, aus Mittelwerten, welche nur zwei Monate bis zu einem Jahre umfassen, Schlüsse zu ziehen, wie es z. B. Kammermann bei der Aufstellung seines zweiten Satzes getan hat. Ich werde bei der Betrachtung der „Differenz" für Eberswalde auf diesen Punkt zurückkommen.

Tabelle der „Kammermannschen Differenz" für die Station Breslau.

ht = 28,7 m; λ = 17,2; φ = 51° 7′; H = 14,7 m

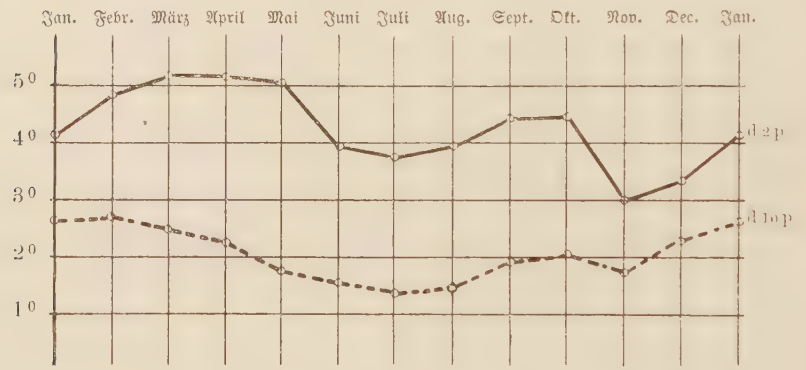
Jahr	Januar		Februar		März		April		Mai		Juni		Juli		August		Sept.		Oktober		Novbr.		Decbr.	
	2 p	10 p	2 p	10 p	2 p	10 p	2 p	10 p	2 p	10 p	2 p	10 p	2 p	10 p	2 p	10 p	2 p	10 p	2 p	10 p	2 p	10 p	2 p	10 p
1860	1.60	1.57	2.59	1.41	2.64	0.79	2.24	1.18	1.84	0.36	1.55	0.55	1.44	0.66	1.64	0.39	2.16	0.52	3.01	1.12	2.09	1.25	2.07	0 71
1	4.61	3.47	1.63	—0.01	3.13	1.39	2.47	0.94	2.55	1.17	2.54	0.91	2.23	1.29	1.72	0.48	2.70	1.19	5.53	3.20	3.38	1.89	3.45	2.07
2	3.49	2.57	3.19	3.14	3.96	2 06	2.73	0.81	2.17	0.70	2.06	0.89	1.78	0 33	2.22	0.62	3.75	1.52	3.88	1.61	3.74	1.42	3.78	2 35
3	2.76	1.21	2.39	1.15	3.02	1.22	3.50	1 57	3.51	1.83	2.11	0.89	1.07	0.01	1.30	0.03	1.92	0.36	3.74	1.72	2.27	0.68	1.79	0.37
4	4.29	2.61	4.16	2 37	3.31	1.19	3.15	1.41	2.85	1.42	1 57	0.01	1.63	0.52	1.20	0.10	3.00	1.49	2.97	1.19	2.90	1.21	3.05	1.64
5	2.68	1.53	4.81	2.81	3.54	2.05	3.45	1.53	3 81	1·17	2.12	1.15	1.66	0.10	1.59	0.51	3.63	1.45	4.24	2.09	2 82	1.26	2.74	1.22
6	3.33	1.62	3.33	1.55	2.92	1.56	3.27	1.61	3.22	1.24	1.16	0.06	0.75	—0.11	1.85	0.31	2.91	1 23	5.70	2.93	—	—	2.23	1.54
7	2.68	1.56	2.55	1.24	3.89	2.22	3.05	1.66	2.89	1.92	1.99	1.00	1.61	0.47	2.65	1.39	3.36	1.15	3.80	1.88	2.40	1.67	—	—
8	4.02	3.20	3.98	2.97	4.14	2.53	3.98	2.39	3.40	1.55	2.62	1.36	2.51	1.39	2.56	1.24	4.56	2 83	4.38	2.58	3.48	1.33	3.47	2.25
9	3.69	2.17	3.91	2.14	4.09	2.48	5.00	3.25	4.23	2.52	2.97	1.54	2.39	1.31	3.59	2.31	3.25	1 47	3.55	1.34	1.68	0.77	2.27	1.15
1870	2.22	1.12	5.18	2.99	3.09	1.51	2.92	1.33	2.25	0.93	1.40	0.44	1.76	0.74	1.68	0.24	1.91	0.59	2.95	1.07	2.37	0.50	2.56	1.15
1	3.58	2.17	4.39	2.85	3.51	1.48	2.45	1.22	1.54	0.23	2.34	1.08	1.88	0.66	2.06	0.52	2.78	1.01	3.44	1.33	1·81	0.72	3.38	1.76
2	2 69	1.39	2.80	1.39	3.25	1.61	2.40	1.09	2.53	1.41	1.44	0.65	1.41	0.57	1.81	0.16	1.81	0.34	3.61	1.47	2.94	1.27	2.56	1.21
3	2.38	0.92	2.18	1.40	3.21	1.67	3.12	1.31	2.82	1.69	2.18	1.23	1.36	0.77	1.28	0.34	2.21	1.31	2.82	1.46	2.14	0.81	2.17	1.25
4	3.11	1.77	3.05	1.58	3.38	1.87	2.74	1.37	2.92	1.40	2.16	1.13	1.28	0.31	1.53	0.68	2.49	0.78	3.52	1.52	2.79	1.30	1.99	1.33
5	2.93	2.21	3.66	1.80	3.36	2.05	2.62	1.47	2.41	1.16	2.09	0.67	1.54	0.36	2.12	0.94	2.58	1.33	2.16	0.82	2.38	0.98	3.21	2.19
6	2.91	2.06	3.31	1.92	2.44	1.38	2.84	1.36	2.29	1.19	1.59	0.93	1.32	0.85	1.77	0.86	1.72	0.51	3.61	1.38	2.41	1.22	2.71	1.53
7	2.36	1.02	2.05	1.07	3.72	1.88	2.98	1.46	2.49	1.39	2.04	1.10	1.86	1.03	1.80	0.82	2.25	1 48	3.35	1.88	3.46	1.56	2.45	1.09
8	2.24	1.27	2.32	1.38	2.60	1.26	3.24	1.88	3.82	1.56	2.46	1.53	2.59	1.60	4.08	2.07	4.33	2.66	4.13	2.45	4.55	3.04	3.69	2 46
9	2.94	2.69	2.81	1.65	2.72	1.32	2.64	0.97	2.79	1.41	1.89	0.62	1.70	0 35	1.86	0.72	3 51	1.61	2.83	1.53	2.54	1.19	4.07	2.45
Max.	4.61	3.47	5.18	3.14	4.14	2.53	5.00	3 25	4.23	2.52	2.97	1.54	2.59	1.60	4.08	2.31	4.56	2.83	5.70	3.20	4.55	3.04	4.07	2.46
Min.	1.60	0.92	1.63	—0.01	2.44	0.79	2 24	0.81	1.54	0.23	1 16	0.01	0,75	— 0.11	1.20	0.03	1.72	0.34	2.16	0.82	1.68	0.50	1.79	0.57
Amplit.	3.07	2 55	3.55	3.15	1.70	1.74	2.76	2.44	2.69	2.29	1.81	1.55	1.84	1.71	2.28	2.28	2.84	2.49	3.54	2.38	2.87	2.54	2.28	2 09
Mittel R°	3.03	1.90	3.21	1.84	3.30	1.68	3.04	1.49	2.77	1.31	2.01	0.89	1.69	0 66	2.02	0.75	2.84	1.24	3.66	1.73	2.75	1.27	2.82	1.56
Mittel C°	3.78	2.37	4.02	2.30	4.12	2,10	3.80	1.87	3 21	1.64	2.52	1.11	2.11	0.83	2.52	0.94	3.55	1.30	4.56	2.16	3.44	1.59	3.52	1.95

Jährliches Mittel von		Differenz der absol. Extreme von	
d (2 p)	d (10 p)	d (2 p)	d (10 p)
3.42°	1.68°	2.45°	1.54°

Ob sich nun trotzdem der zweite von Kammermann aufgestellte Satz über den Einfluß der Seehöhe und geographischen Breite auf die Größe der „Differenz" aufrecht erhalten läßt, ist bei den ausgewählten Stationen wohl kaum festzustellen, da der Unterschied ihrer Lage in der geographischen Breite nur $4^0\,36'$ und in der Seehöhe nur 142 m im Maximum beträgt. Vielleicht ist immerhin die Seehöhe von Einfluß auf die „Differenz". Ein anderer bestimmter Einfluß läßt sich aber nachweisen, wenn wir zu den betrachteten Stationen noch Klaußen hinzunehmen und die Jahresmittel der „Differenzen" vergleichen. (Vergl. Tabelle S. 20).

Die Tabelle der „Differenz" für Klaußen ergibt einen jährlichen Mittelwert von 4.26^0 für d (2 p) und 2.0^0 für d (10 p). Die Amplitude beträgt 2.18^0 für die Kurve von d (2 p) und 1.31^0 für diejenige von d (10 p).

Jährlicher Verlauf von „d" für die Station Klaußen.



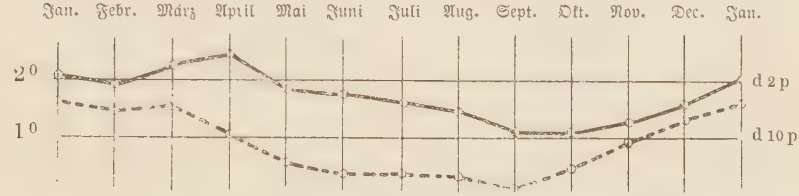
(Vergl. Tabelle S. 20)

Das Jahresmittel der „Differenz" für Klaußen, welches aus zwanzigjährigen Mittelwerten berechnet ist, liegt wieder höher als das für Breslau. Da wir nun wenigstens die für gleichzeitige Ablesungen berechneten „Differenzen", d (2 p) bei so langen Jahresreihen (mit nicht zu großen Fehlern) vergleichen können, ist es möglich, aus der Reihenfolge der Stationen Berlin, Trier, Breslau, Klaußen für die aufsteigende „Differenz" (im Mittel) zu schließen, daß das Wachsen derselben der zunehmenden Kontinentalität der Stationen entspricht.

Daß dies wirklich der Fall ist, zeigt sich ganz deutlich, wenn wir rückwärts vom kontinentalen zum Seeklima übergehen und für die an der See gelegene Station Wustrow und das ganz maritime Helgoland die „Differenz" aufstellen: (Vergl. Tabellen S. 21 22).

Jährlicher Verlauf von „d" für die Station Wustrow.

Jährlicher Verlauf von „d" für die Station Helgoland.



Für Wustrow ist der jährliche Mittelwert für d (2p) 2.18° und für d (10p) 0.94°. Die Amplituden betragen für d (2p) 1.73° und für d (10p) 1.59°.

Für Helgoland verringert sich der Mittelwert für die „Differenz" noch mehr und beträgt nur 1.68° für d (2p) und 0.85° für d (10p).

Daher können wir, wie schon oben angedeutet wurde, folgenden Satz aussprechen:

„Die Zahl der Grade, welche man beim Abzug der tiefsten nächtlichen Temperatur von der Temperatur des feuchten Thermometers um 2pm oder um 9pm (resp. 10pm) erhält, (die „Kammermann'sche Differenz") ist am geringsten in Stationen mit Seeklima und wächst mit der zunehmenden Kontinentalität der Stationen.

Zur Begründung dieses Satzes wollen wir untersuchen, ob die genannten Stationen tatsächlich in oben angegebener Reihenfolge zunehmendes kontinentales Klima aufweisen. Was bedeutet nun „kontinentales Klima"?

Die Hauptwärmequelle für unsere Erde ist die Sonne. Die von ihr ausgehenden Strahlen treffen indessen die Erdoberfläche nicht alle gleichmäßig, da die Atmosphäre für Strahlen verschiedener Wellenlänge (nach den Untersuchungen von Langley[12]) nicht die gleiche Durchlässigkeit zeigt. Bei abnehmender Wellenlänge erfolgt eine wachsende Schwächung der Strahlen in der Atmosphäre, welche zumal durch ihren Gehalt an Wasserdampf und Kohlensäure gewisse Strahlen sogar völlig absorbiert. Da nun eine derartige Abschwächung schon in den obersten Schichten der Atmosphäre, auf welche die Strahlen zuerst treffen, be-

Tabelle der „Kammermannschen Differenz" für die Station Klaußen.

ht = 3,5 m; H = 135 m; $\lambda = 22^0\,41'$; $\varphi = 53^0\,48'$.

Jahr	Januar		Februar		März		April		Mai		Juni		Juli		August		Sept.		Oktbr.		Novbr.		Decbr.	
	2 p	10 p	2 p	10 p	2 p	10 p	2 p	10 p	2 p	10 p	2 p	10 p	2 p	10 p	2 p	10 p	2 p	10 p	2 p	10 p	2 p	10 p	2 p	10 p
1860	2.50	1.54	5.14	3.12	5.79	2 74	4.12	1.82	4.46	1.94	3.52	1.50	1.98	0.86	2.84	1.57	3 68	1 61	2.41	0.96	1.49	0.88	2.90	1.77
1	6.95	4.53	2.74	2.42	3.55	1.53	3.62	1.18	1.85	1 92	2.26	0.75	2.98	0.47	3.29	0.80	3.20	1.55	4.69	1.96	2.84	1.51	1 67	1.36
2	4.30	2.62	6.42	4.55	4.64	2.50	4.82	2 09	5.42	2.01	3.51	1 61	3.71	1 24	3.03	1.19	3 45	1.40	4.02	1.83	2 66	1.06	3.04	1.90
3	1.21	0.88	2.32	1.28	2.55	1.09	1.27	1.81	3.41	1.24	3.53	1.47	1 98	0.98	2.98	0.78	3.17	1.19	4.18	1.73	1 98	0 79	2.63	1.47
4	3.77	2.24	2.87	1.87	3 93	2 35	4.06	1.36	3.52	1.35	2.63	0.95	2.66	0.67	2.95	0.98	3.25	1.53	3.57	1 63	2.27	1.23	0.08	−0.95
5	2.95	1.68	6.58	3.52	5 48	2.75	2.81	1.86	3.22	0.98	1.72	0.13	2.49	0.88	2.92	1.58	4.35	1.64	3.85	2.04	1.67	0.95	2.25	1.53
6	2.66	1.67	2.14	1.91	2 21	0.96	4 94	2.26	3.75	1.82	2 83	1 06	3.08	1.22	3 74	1.64	3.25	1.45	3 49	1.98	2.13	1.32	2 31	1 96
7	2.61	1.91	3.01	1.68	5.82	3.33	3.75	1.68	4.31	2.13	3.60	1.27	3.09	1.60	3.00	1.22	3.50	1.50	2.62	1.19	2.98	1.99	1.94	1.95
8	2.71	1.91	2.88	1.69	2.82	1.14	4.59	2.47	3.86	1.42	3.02	0 46	2.19	0.34	2.40	0.63	3.65	1 38	3.12	1.58	2.73	1.67	1.85	1.22
9	2.27	1.51	2 41	1.13	2 87	0.96	5.07	1.90	4.34	1.80	3.32	1.37	3.79	1 45	2.86	0 89	3 50	1.58	2.57	1.98	2.02	1.16	2.74	1 84
1870	3.91	2 37	7.26	4.06	5.85	2.74	4.78	1.84	3.57	−4.69	3.57	1.35	3.17	1.47	2.74	1.12	3.52	1.63	2 87	1.19	2.99	1.36	3.63	2.47
1	5.01	3.26	5 98	3.38	4.40	1.76	3.79	2 16	3.92	1.83	2.87	1.15	3.43	1.68	3 35	1.12	3.31	1.57	4.37	2.03	2.14	1.17	4.00	2.56
2	2 55	1.56	4.53	2.21	3.41	1.56	4.80	1.80	3.35	1.64	2.40	1.55	2 64	0.98	2.95	1 41	3.18	1 26	3.22	1 37	2.39	1.21	3.53	2.23
3	2.34	1.40	2.31	−3.74	3.22	1.50	4.33	1.85	3.58	1.57	3.69	1 60	3.24	1.47	2.84	0.86	3.59	1.85	4.15	1.79	2 44	1.50	2 47	1.70
4	3.09	1.89	3.83	2.38	4.59	2.22	3.90	1.62	4.19	1.86	3.51	1.12	3.22	1.19	4.41	1.47	4.37	1.98	4.35	1.83	2.36	2.65	1.78	1.10
5	4.65	3 15	6.91	3.33	5.71	3.16	4 32	1.87	4.73	2.53	4.08	1.72	3.00	0.92	3.56	1.52	3.95	1.74	2.50	1.92	2.50	1.57	3.92	3.70
6	3.17	1.75	3.14	1.77	3.05	1 48	3.62	1.40	3.70	1.58	2.80	1.08	3 41	1 18	3.69	1.45	3.43	1.20	2.89	1.85	2.93	1 69	5.72	2 22
7	2.63	1.59	3.79	1.83	6.87	4.07	3.59	1.50	3.84	1.57	3.45	1.05	3.05	1.19	2.97	0.86	3.53	1.45	4 12	2.12	2.42	1.12	2.62	1.76
8	3.36	2.78	3.61	2.18	1.19	−0.84	3 57	1.41	4.13	1 50	3 46	1.63	3.31	0.82	3.25	1.31	3.84	1.30	4 35	1.80	2.79	1.57	2.28	1.57
9	3.40	1.52	3 97	2 51	4.76	2.68	3.76	1.57	4.13	1.69	3.43	1.04	3.47	1.42	3.40	1.47	4.04	1.54	3.45	1.94	2.32	1.40	4.50	3.08
Max.	6.95	4.53	7.26	4.55	6.87	4.07	5.07	2.47	5.42	2 53	4.08	1.72	3.79	1.68	4.41	1.64	4.37	1 98	4.69	2.12	2.99	2.65	4 50	3.70
Min.	1.21	0.88	−2.31	−3 74	1.19	−0 84	2.81	1.18	3.22	−4.69	1.72	0.13	1.98	0.34	2.40	0.63	3.17	1.19	2.41	0.96	1.49	0 79	0.08	−0.95
Amplit.	5.74	3.65	9.57	8.29	5.68	4.91	2.26	1.25	2.20	7.22	2.36	1.59	1.87	1.34	2.01	1.01	1.20	0.79	2.28	1.16	1 50	1.86	4.42	4.65
Mittel R°	3.30	2.09	3 86	2.15	4.14	1.98	4.13	1.77	4.02	1 39	3.14	1.23	2.99	1.10	3.16	1.18	3.54	1.51	3.59	1.63	2.40	1 38	2.65	1.83
Mittel C°	4.13	2.61	4.84	2.69	5.18	2.48	5.16	2.22	5.03	1.74	3.92	1.54	3.74	1 38	3 95	1.48	4.43	1.89	4.48	2.04	3.00	1.73	3.32	2.28

Tabelle der „Kammermannschen Differenz" für die Station Wutrow.

lat. — 2.5 m; H. 7.0; λ — 12°24'; „ 51°21'.

Jahr	Januar		Februar		März		April		Mai		Juni		Juli		August		Septbr.		Oktober		Novbr.		Decbr.	
	2p	9p	2p	9p	2p	9p	2p	9p	2p	9p	2p	9p	2p	9p	2p	9p	2p	9p	2p	9p	2p	9p	2p	9p
1867	2.60	2.29	2.04	1.33	2.52	2.05	2.83	1.64	2.60	1.44	1.30	0.17	0.88	0.03	1.05	0.21	1.26	−0.08	1.86	0.71	1.02	0.40	1.67	1.45
8	1.33	1.13	1.39	0.69	2.13	1.13	1.13	0.44	2.81	1.21	0.25	−0.32	0.99	0.17	1.26	0.11	1.74	+0.05	1.84	0.57			1.57	0.97
9	1.09	0.74	1.41	0.71	1.97	0.85	3.31	1.11	2.12	0.75	1.63	0.58	0.99	−0.04	1.47	−0.17	1.34	0.05	1.90	0.80	1.39	0.68	1.60	1.21
70	1.20	0.94	3.18	2.08	2.62	1.23	3.27	1.62	1.88	0.62	2.05	0.89	1.44	0.25	1.34	0.82	0.93	0.27	1.13	0.57	1.63	0.60	1.29	0.63
1	2.88	1.76	3.38	2.04	3.55	1.80			2.65	1.07	2.15	1.03	2.31	1.36	2.45	1.13	2.15	1.19	2.99	1.04	2.48	1.68	1.87	1.45
2	1.85	1.18	2.20	1.15	2.85	1.47	2.75	1.21	2.11	1.11	1.17	−0.15	1.21	0.01	1.18	0.12	2.09	−0.02	3.04	1.59			1.10	0.71
3	1.32	0.54	2.03	1.18	2.91	1.30	1.90	0.61	1.14	0.14	2.00	1.12	0.92	−0.39	0.85	−0.19	1.74	0.34	1.92	0.59	1.15	0.86	0.82	0.46
4	0.91	0.79	1.70	0.71	1.93	0.98	1.39	0.59	1.69	0.24	1.24	0.29	1.00	−0.39	0.88	−0.07	1.94	0.45	2.22	0.60	1.59	0.94	1.75	1.39
5	1.66	1.44	2.20	1.23	2.66	1.49	2.03	0.42	2.30	0.56	1.20	−0.29	0.60	−0.61	0.93	−0.16	1.59	0.16	0.82	0.09	1.30	0.68	2.05	1.66
6	1.48	0.94	1.89	1.16	2.98	0.95	1.90	0.76	1.70	0.26	1.61	0.52	0.95	0.32	1.09	0.51	1.98	−0.11	1.29	0.33	1.40	0.48	1.75	1.37
Max.	2.88	2.29	3.38	2.08	3.55	2.05	3.31	1.46	2.81	1.44	2.15	1.12	2.31	1.36	2.45	0.82	2.15	1.19	3.04	1.59	2.48	1.68	2.05	1.66
Min.	0.91	0.54	1.39	0.69	1.93	0.85	1.43	0.59	1.14	0.14	0.25	−0.32	0.60	−0.61	0.47	−0.17	0.93	−0.08	0.82	0.09	1.02	0.40	0.82	0.46
Amplit.	1.97	1.75	1.99	1.39	2.62	1.20	1.88	1.05	1.67	1.30	1.90	1.44	1.71	1.97	1.98	1.19	1.22	1.27	2.22	1.41	1.46	1.28	1.23	1.20
Mittel B^{13}	1.63	1.18	2.15	1.23	2.51	1.33	2.33	1.02	2.13	0.74	1.49	0.38	1.23	0.06	1.15	0.22	1.49	0.29	1.90	0.66	1.48	0.81	1.55	1.13
Mittel C^{13}	2.04	1.47	2.69	1.54	3.14	1.66	2.95	1.27	2.63	0.93	1.86	0.48	1.41	0.07	1.44	0.28	1.86	0.36	2.38	0.83	1.85	1.01	1.94	1.41

ginnt, werden die letzteren, wenn sie auf die Oberfläche der Erde gelangen schon alle Strahlenarten verloren haben, welche die Atmosphäre absorbiert, und daher die Temperatur der untersten Luftschichten nicht mehr merklich zu erhöhen imstande sein, sondern nur beim Auftreffen auf den Erdboden diesen mit der ihnen noch innewohnenden Energie erwärmen[13]). Diese Wärme wird teils in die Erde eindringen, teils auch durch Leitung in die Luft die Temperatur der untersten Schicht erhöhen. Infolgedessen dehnt sich die Luft am Boden aus und steigt, da sie hierdurch leichter geworden ist, empor, sodaß kältere, schwerere Luft nachsinkt und derselbe Vorgang sich wiederholt, bis Gleichgewicht in den Luftmassen herrscht. Auf solche Weise wird durch die „Konvektion" die Luft in der freien Atmosphäre bis zu einer Höhe von mehreren tausend Metern von der Erde aus erwärmt[14]).

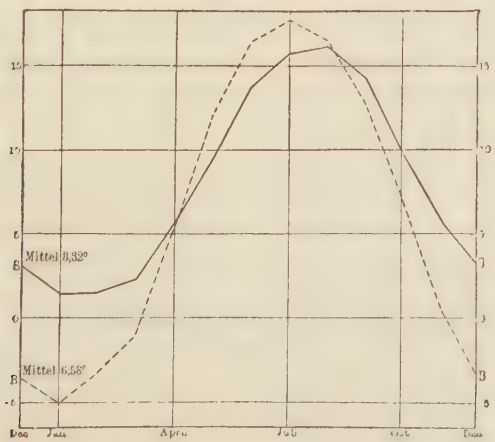
So zeigt sich also die von uns gemessene Lufttemperatur als im innigsten Zusammenhang stehend mit der von der

Tabelle der „Kammermannschen Differenz" für die Station Helgoland

ht = 2.1 m; H = 42.1 m; $\lambda = 7^0\,51^1$; $\varphi = 54^0\,11^1$.

Jahr	Januar		Februar		März		April		Mai		Juni		Juli		August		Sept.		Oktbr.		Novbr.		Decbr.	
	D_2	D_{10}	D_2	D_{10}	D_2	D_{10}	D_2	D_{10}	D_2	D_{10}	D_2	D_{10}	D_2	D_{10}	D_2	D_{10}	D_2	D_{10}	D_2	D_{10}	D_2	D_{10}	D_2	D_{10}
1873													1.49	0.65	1.30	0.77	1.90	0.72	1.36	0.38	0.58	0.73	1.21	0.73
4	1.04	0.70	0.66	0.30	1.20	0.63	1.87	0.76	1.43	0.11	1.38	−0.67	0.98	0.19	1.55	0.18	1.64	0.55	1.17	0.63	0.86	0.67	0.84	0.47
5	1.08	0.89	1.22	0.68	1.51	0.99	2.14	0.95	1.11	−0.16	1.52	0.37	1.01	−0.29	0.87	0.47	0.20	−0.30	0.46	0.08	1.09	0.78	1.31	0.80
6	1.32	0.96	0.99	0.88	1.36	0.75	1.72	0.51	1.19	−0.02	1.53	0.49	1.46	+0.16	0.89	−0.04	0.85	0.24	0.96	0.37	0.87	0.51	1.49	1.23
7	1.08	0.85	0.99	0.65	1.72	1.03	1.31	0.09	1.49	0.12	1.05	−0.02	0.44	0.11	1.13	0.18	1.39	−0.24	0.68	0.30	0.37	0.23	0.87	0.68
8	1.23	0.87	1.37	0.83	1.43	0.81	2.24	0.93	1.90	0.69	1.91	0.71	1.05	0.64	1.08	0.35	0.78	−0.08	1.14	0.52	1.04	0.80	1.18	0.97
9	1.22	0.99	1.52	1.29	1.62	0.89	1.58	0.56	1.43	0.35	1.66	0.97	2.04	0.84	1.18	0.45	0.62	0.07	0.44	0.07	0.22	−0.17	1.05	1.11
1880	1.18	0.84	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	1.80	1.74	2.00	1.60	1.84	1.24	1.86	0.86	1.71	0.46	1.88	0.80	1.51	0.48	1.31	0.39	1.01	0.41	0.80	0.35	0.98	0.80	0.95	0.78
2	1.01	0.73	1.01	0.49	1.14	0.74	2.04	0.72	0.91	−0.31	0.49	−0.55	1.05	0.05	1.34	0.69	0.52	−0.03	1.40	1.80	2.14	2.08	1.95	1.81
3	2.20	2.00	2.15	1.63	2.88	2.93	2.60	1.46	1.97	0.89	1.44	0.31	1.53	0.81	1.33	0.19	0.65	0.13	0.76	1.01	1.57	0.88	1.57	1.30
4	1.67	1.93	1.85	1.59	2.41	1.94	2.33	1.31	2.00	1.12	1.48	0.30	1.40	0.31	1.33	0.42	0.90	+0.07	0.76	0.12	1.22	1.19	1.36	1.16
5	3.22	2.70	1.94	1.57	1.91	1.36	2.22	1.17	1.52	1.04	1.78	0.80	1.20	−0.25	0.40	0.32	0.59	0.09	0.66	0.29	1.78	1.11	1.55	1.48
6	1.80	1.60	1.62	2.03	2.70	2.75	2.38	1.12	1.23	1.14	1.46	0.43	1.42	0.06	1.20	0.60	0.52	+0.14	0.99	0.10	0.57	0.48	1.34	1.18
7	2.44	1.94	2.44	1.70	1.38	0.85	1.16	0.34	1.07	0.11	0.65	−0.67												
Max.	3.22	2.70	2.44	2.03	2.88	2.93	2.60	1.46	2.00	1.14	1.91	0.97	2.04	0.84	1.55	0.77	1.90	0.72	1.40	1.80	2.14	2.08	1.95	1.81
Min.	1.01	0.70	0.66	0.30	1.14	0.63	1.16	0.09	0.91	−0.31	0.49	−0.67	0.44	0.25	0.40	−0.42	0.20	−0.32	0.44	0.07	0.22	−0.17	0.84	0.47
Amplit.	2.21	2.00	1.78	1.73	1.74	2.30	1.44	1.35	1.09	1.45	1.42	1.64	1.60	1.09	1.15	1.09	1.70	1.24	0.96	1.73	1.92	2.25	1.11	1.34
Mittel R%	1.61	1.29	1.52	1.17	1.78	1.30	1.96	0.83	1.45	0.42	1.40	0.29	1.28	0.28	1.15	0.24	0.89	0.08	0.89	0.46	1.02	0.77	1.28	1.05
Mittel C%	2.05	1.61	1.90	1.46	2.22	1.62	2.45	1.04	1.81	0.53	1.75	0.36	1.60	0.35	1.44	0.30	1.11	0.10	1.11	0.46	1.28	0.96	1.60	1.31

Erdoberfläche aufgenommenen Wärme. Bestände die Erde aus homogener Masse, so würde, wie die Menge der empfangenen Wärme nur von der Stärke und Dauer der Strahlung oder was dasselbe ist, von der Sonnenhöhe und Tageslänge abhängig ist, auch die Temperatur der Luft die gleiche Abhängigkeit zeigen und die Linien, welche Orte gleicher Mitteltemperatur verbinden, durch die Parallelkreise gegeben sein. Nun zeigt aber eine Karte, auf welcher solche „Isothermen" dargestellt sind, für dieselben einen scheinbar willkürlichen Verlauf, der aber, wie sich bei näherer Untersuchung zeigt, durch die Verteilung von Land und Wasser auf der Erde bedingt ist. Wenn nämlich die Strahlen in das Wasser gelangen, geben sie nicht nur an die oberste Schicht Wärme ab, sondern dringen tiefer in dasselbe ein, als es beim Erdboden der Fall ist, erwärmen also ein größeres Volumen. Da aber vor allem die spezifische Wärme des Wassers größer ist als die des Erdbodens, (der trockene Erdboden gebraucht zu seiner Erwärmung um 1^0 bei gleichen Raumteilen 0,6 von der Wärmemenge, welche Wasser um die gleiche Temperatur erwärmt)[15] wird sich das Wasser bei gleicher Wärmezufuhr weniger erwärmen als das Land und, da durch die Verdunstung des Wassers noch ein bedeutender Wärmeverbrauch stattfindet, wird es an die Luft viel weniger Wärme abgeben als das Land. Desgleichen kühlt sich bei dem Wärmeverlust der Erde zur Nachtzeit und im Winter das Meer und mit ihm die darüberliegende Luft nicht so schnell ab wie das Binnenland. Daher zeigen die Temperaturkurven für Orte an der See einen ganz anderen Charakter als die für Orte im Binnenlande. Die Differenz der Extreme, die Amplitude dieser Kurven ist für am Meere gelegene Orte viel geringer als für solche im Binnenlande. Sehr gut ist dieser Unterschied im jährlichen Gang der Temperatur und die ausgleichende Wirkung des Meeres auf die Extreme an den von R. Börnstein[16] veröffentlichten Kurven des jährlichen Ganges der Temperatur in Helgoland (S) und Klaußen (B) zu erkennen:



Daher wird als hauptsächliches Merkmal für die Größe der Kontinentalität eines Ortes seine jährliche Temperaturamplitude gelten können. Betrachten wir daraufhin die besprochenen Stationen, so ergeben sich folgende Werte: Tm bezeichne die mittlere Jahrestemperatur, Am die jährliche Temperaturamplitude (d. h. Differenz der Mitteltemperaturen des wärmsten und kältesten Monats), d (2 p) und d (9 p), d (10 p) die Jahresmittel der „Kammermannschen Differenz":

Station	Tm	Am	d (2 p)	d (9.10 p)
Helgoland	8. 5°	15. 1°	1.68°	0.85°
Wustrow	7.53°	18. 3°	2.18°	0.94°
Berlin	9. 1°	18. 9°	2.73°	1.60°
Trier	9.72°	17.34°	3.23°	1.36°
Breslau	8. 3°	20. 1°	3.42°	1.68°
Klaußen	6. 1°	22. 2°	4.26°	2. 0°

An Orten, an denen die jährliche Temperaturamplitude größer ist als an anderen, ist es auch die tägliche. Da nun die relative Feuchtigkeit der Luft dem täglichen Gange der Temperatur entgegengesetzt sich ändert (abgesehen von Gebirgsorten), wird bei steigender Temperatur, wie aus den Psychrometertafeln zu ersehen ist, zwar die psychrometrische Differenz ebenfalls steigen, aber in geringerem Maße, wie die Temperatur des trockenen Thermometers, so daß mit anderen Worten die „Kammermannsche Differenz" bei größerer Temperaturamplitude auf Grund der physikalischen Eigenschaften der Atmosphäre wachsen muß.

Nichts anderes beweist die obenstehende Tabelle. Auch hier ist tatsächlich ein Zusammengehen der „Differenz" mit der Kontinentalität (zumal beim Vergleiche der Spalten Am und d 2) nicht von der Hand zu weisen. Für die Station Trier scheint die oben aufgestellte Regel nicht völlig zutreffend zu sein. Diese Abweichung beweist aber höchstens, daß noch weitere Einflüsse meteorologischer Elemente auf die Größe der „Differenz" in Frage kommen.

Einfluß der Temperaturamplitude auf die „Differenz".

Auch für Emden scheint die oben aufgestellte Behauptung ebenso wie in Trier nicht zuzutreffen. Kurventafel und Tabelle für die „Differenz" der Station Emden ergeben folgende Werte:

(Vergl. Tabelle S. 25).

Jährlicher Verlauf von „d" für die Station Emden.

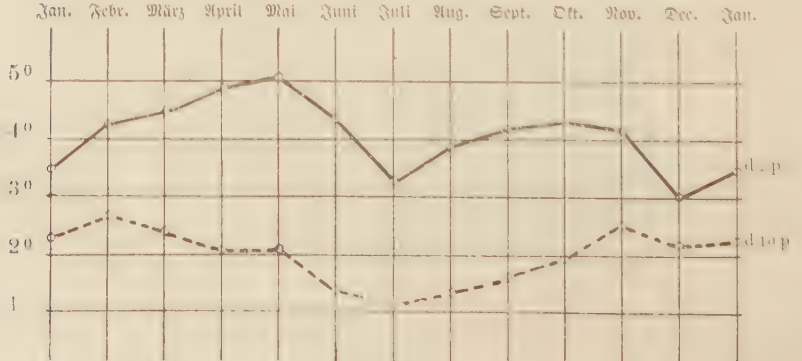


Tabelle der „Kammermannschen Differenz" für die Station Emden.

bt = 5 m; H = 8.5 m; λ = 17° 21'; φ = 53° 14'.

Jahr	Januar		Februar		März		April		Mai		Juni		Juli		August		Sept.		Oktbr.		Novbr.		Decbr.	
	2 p	10 p	2 p	10 p	2 p	10 p	2 p	10 p	2 p	10 p	2 p	10 p	2 p	10 p	2 p	10 p	2 p	10 p	2 p	10 p	2 p	10 p	2 p	10 p
1870																					2.97	1.77	2.59	1.55
71	2.99	1.85	3.43	3.73	4.58	1.90	3.56	1.44	3.47	1.39	3.25	1.58	2.96	1.26	3.66	1.49	3.41	1.23	4.31	2.04	3.67	2.10	2.91	2.26
2	2.96	1.85	4.09	1.97	4.63	2.00	3.96	1.55	4.16	1.69	3.21	0.79	3.27	1.27	2.62	0.61	2.42	0.82	4.11	1.66	3.08	1.77	2.72	2.06
3	2.30	1.48	3.40	1.90	4.98	2.32	2.58	1.93	3.54	1.15	3.67	1.10	0.25	−2.12	3.30	1.00	3.38	1.70	3.41	1.73	3.76	2.13	2.89	1.82
4	2.92	2.09	3.63	1.76	3.85	2.27	4.07	1.67	4.41	1.81	3.39	0.93	3.38	0.98	3.11	1.16	3.16	1.48	3.18	1.31	3.55	2.25	−0.75	−0.77
5	2.88	1.86	4.15	4.00	0.50	0.33	4.23	1.58	4.29	1.43	3.24	1.37	2.87	0.58	2.44	0.91	4.47	0.78	2.96	1.26	2.99	1.63	3.00	2.16
6	3.20	1.24	2.83	1.83	3.34	2.24	4.42	2.07	3.85	1.47	3.88	1.02	3.07	1.07	3.79	1.33	3.03	1.56	3.13	1.35	3.63	2.55	2.89	2.57
7	2.66	2.04	3.15	2.14	3.68	2.16	4.13	1.66	3.90	1.90	3.63	0.67	2.74	1.94	2.90	0.90	3.44	1.42	3.90	2.30	3.36	1.87	2.29	1.79
8	2.38	1.93	3.21	1.70	3.30	1.80	4.60	1.84	4.61	2.85	3.88	1.63	2.15	1.12	3.48	1.43	3.17	1.09	3.64	1.34	2.92	1.95	3.04	2.36
1879	2.61	1.75	2.48	1.21	3.50	1.96	3.43	1.03	3.82	1.28	2.97	0.76	2.58	1.77	2.56	0.74	3.47	1.40	2.33	1.00				
Max.	3.20	2.09	4.15	4.00	4.98	2.32	4.60	2.07	4.61	2.85	3.88	1.58	3.27	1.94	3.79	1.49	4.47	1.70	4.31	2.30	3.76	2.55	3.04	2.57
Min.	2.30	1.24	2.48	1.21	0.50	0.33	2.58	1.03	3.47	1.15	2.97	0.67	0.25	−2.12	2.44	0.61	2.42	0.78	2.33	1.00	2.92	1.63	−0.75	−0.77
Amplit.	0.90	0.85	1.67	2.89	4.48	1.99	2.02	1.04	1.14	1.70	0.91	1.91	3.02	4.06	1.35	0.88	2.05	0.92	0.98	1.30	0.84	0.92	3.79	3.34
Mittel R'	2.77	1.79	3.37	2.13	3.59	1.89	3.89	1.64	4.01	1.66	3.46	1.08	2.59	0.87	3.09	1.06	3.33	1.28	3.44	1.55	3.33	2.00	2.40	1.75
Mittel C'	3.46	2.24	4.22	2.66	4.49	2.36	4.87	2.05	5.02	2.08	4.33	1.35	3.24	1.09	3.86	1.33	4.16	1.60	4.30	1.94	4.16	2.50	3.00	2.19

Die mittlere Größe von d (2 p) beträgt für Emden nach zehnjährigen Mitteln 4.1° und von d (10 p) 1,93°.

Die Amplitude beträgt für d (2 p) 2.02° und für d (10 p) 1.57°. Die „Differenz" zeigt eine absolute Größe, wie wir sie bisher nur für Orte mit kontinentalem Klima beobachtet haben, trotzdem für Emden die jährliche Temperaturamplitude Am = 16.1° noch deutlich den Einfluß der nahen Nordsee erkennen läßt.

Trotzdem läßt sich im allgemeinen der Einfluß des Klimas nachweisen, wenn auch einzelne Stationen eine Ausnahme zeigen, für welche sich noch keine hinreichende Erklärung findet.

Ähnlich wie von einem „Seeklima" kann man ferner auch von einem „Waldklima" oder „von einem ermäßigenden Einfluß des Waldes auf die Schwankungen der Lufttemperatur" sprechen. Es ist nämlich, wie Schubert[17]) für Eberswalde nachgewiesen hat, „die mittlere tägliche Schwankung der Lufttemperatur unter den Bäumen des Waldes geringer als auf der benachbarten freien

Feld- oder Lichtungsfläche". Wenn also wirklich das Klima einen Einfluß in oben bezeichneter Richtung auf „d" ausübt, muß sich der dort festgestellte Unterschied (eine Zunahme von „d" mit zunehmender Kontinentalität) auch für Wald- und Binnenklima ergeben. In der Tat ist dies der Fall, wie folgende Kurven und Tabellen für „d" in Eberswalde ergeben:

Tabelle der „Kammermannschen Differenz" für die Feldstation Eberswalde.

Jahr	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oktbr.	Novb.	Decbr.
	d (2 p)	d (2 p)	d (2 p)	d (2 p)	d (2 p)	d (2 p)	d (2 p)	d (2 p)	d (2 p)	d (2 p)	d 2 p)	d (2 p)
1897					5.7	6.1	4.0	5.5	4.6	4.8	3.9	2 3
1898	3.0	3.2	4.1	3.6	4.9	5.4	4.3	5.7	5.5	4.3	4.0	2.2
1899	3.7	4.5	5.5	6.4	4.6	5.2	4.4	6.4	4.3	6.0	3.7	3.3
1900	2.4	4.1	5.2	5 5	5.8	5.2	5.4	5.5	5.1	4.5	3.5	2.4
1901	5.9	6.2	4.5	5.7	6.7	5.3	5.6	4.4	5 3	5.1	3.3	2.9
1902	2.2	5.6	3.8	5.8								
Max.	5.9	6.2	5.5	6.4	6.7	6.1	5.6	6.4	5.5	6.0	4.0	3.3
Min.	2.2	3.2	3.8	3.6	4.6	5.2	4.0	4.4	4.3	4.3	3.3	2.2
Amplit.	3.7	3.0	1.7	2.8	2.1	0.9	1.6	2.0	1.2	1.7	0.7	1.1
Mittel C°	3.44	4.72	4.62	5.40	5.54	5.44	4.74	5.50	4.98	4.94	3.68	2.62

Jährlicher Verlauf von „d" in der Feldstation (a) und Waldstation (b) Eberswalde.

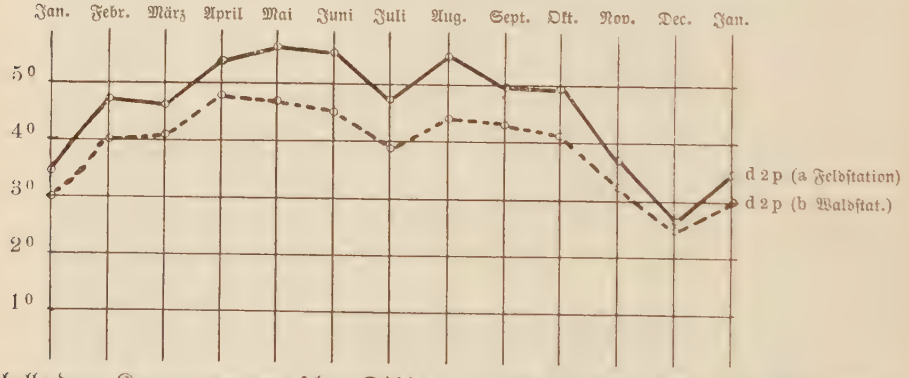


Tabelle der „Kammermannschen Differenz" für die Waldstation Eberswalde.

Jahr	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oktbr.	Novb.	Decbr.
	d (2 p)	d (2 p)	d 2 p)	d (2 p)	d (2 p)	d (2 p)	d 2 p)	d (2 p)	d (2 p)	d 2 p	d (2 p)	d (2 p)
1897					4.7	5.1	3.1	4.5	4.0	4.1	3.5	2.3
1898	2.7	3.0	3.7	3.3	4.4	4.2	4.0	4.6	4.9	3.5	3.5	2.2
1899	3.2	4.0	5.0	5.8	4.2	4.5	3.8	5.8	3.9	5.1	3.2	3.5
1900	2.1	3.4	4.4	4.8	5.0	4.4	3.8	4.1	4.1	3.5	2.8	2.0
1901	4.6	5.1	4.2	5.1	5.2	4.5	4.8	3.3	4.6	4.3	2.8	2.3
1902	2.2	4.6	3.3	4.9	4.9							
Max.	4.6	5.1	5.0	5.8	5.2	5.1	4.8	5.8	4.9	5.1	3.5	3.5
Min.	2.1	3.0	3.3	3.3	4.2	4.2	3.1	3 3	3.9	3.5	2.8	2.0
Amplit.	2.5	2.1	1.7	2.5	1.0	0.9	1.7	2.5	1.0	1.6	0.7	1.5
Mittel C°	3.0	4.0	4.1	4.8	4.7	4.5	3.9	4.4	4 3	4.1	3.2	2.5

Die beiden Stationen in Eberswalde liegen ca. 15 Minuten von einander entfernt, die Feldstation am Rande des Waldes.

Für die Temperatur des feuchten Thermometers lagen nur Aufzeichnungen von 1897 an vor und die Ablesungen geschahen dort 8a und 2p, so daß d (10p) dort nicht festgestellt werden konnte. Die jährlichen Mittel für d (2p) betragen für die Feldstation 4,63° und für die Waldstation 3.96°, die entsprechenden Amplituden der Kurven 2.92° und 2.3°. Wir können also zwischen den „Differenzen" für die Feld- und Waldstation einen Unterschied von 0.67° (im Mittel) feststellen und zwar im gleichen Sinne wie oben den Unterschied zwischen „d" für See und Kontinentalklima. Daß diese Thatsache so deutlich für zwei ziemlich benachbarte Stationen hervortritt, ist schließlich nicht besonders bemerkenswert, da nach Schubert[18]) „die auf Feldflächen in der Nähe des Waldes oder auf Lichtungen gelegenen Stationen eine durchweg größere Temperaturschwankung haben als die vom Walde weiter entfernten Orte."

In gleicher Weise wie das See- und Waldklima wirkt auch das Höhenklima auf die Abschwächung der Temperaturextreme[19]), zumal das Gipfelklima, so daß demnach die „Differenz" für größere Höhen namentlich für Gipfelstationen kleiner ausfallen muß als am Fuße der Berge, eine Tatsache, die dem zweiten Kammermannschen Satze[20]) entspricht: „La différance (diminue avec la latitude) et varie en sens inverse de la hauteur."

Allerdings zeigen die von Berthold[8]) mitgeteilten Werte für d (2p) auf dem Schneeberg (480 m) den ebenfalls hohen Mittelwert von 4.1°. Er erhielt für Station Schneeberg nach achtjährigen Mitteln für d (2p)

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.
Mittel	4.1	3.8	4.5	4.5	4.6	4.2	4.0	4.2	4.3	3 6	3.4	3.5
Max.	7.3	5.0	5.8	5.6	5.4	4.7	4 8	4.9	5.0	4.0	4.8	7.6
Min.	1.9	2.8	3.2	3 1	3.7	3.6	3.3	3.5	3.3	2.5	2.9	2.1

Beachtenswert ist für Schneeberg wie für Eberswalde wieder die auffallende (den zuerst betrachteten Stationen gegenüber) absolute Größe der „Differenz", (4.1° und 4.63°).

Da Eberswalde in der Nähe von Berlin gelegen ist, könnte man erwarten, da auch die Seehöhe, Bodengestalt und Wasserverhältnisse der beiden Orte nicht so wesentliche Verschiedenheiten aufweisen, eine der Berliner ähnliche „Differenz" dort zu finden. Um nun die Gründe für den Unterschied klar zu legen, ist es nötig, wieder auf die Temperaturverhältnisse der Luft zurückzukommen.

Wie wir oben sahen, wirkt eine Erwärmung des Erdbodens auch erwärmend auf die anliegende Luft und, da diese aufsteigt und kalte

Luft nachsinkt, welche ebenfalls erwärmt wird usw. tritt eine Temperaturerhöhung der Atmosphäre bis auf bedeutende Höhe ein.

Ganz anders liegt der Fall bei der nächtlichen Erkaltung des Bodens. Die untersten Luftschichten kühlen sich mit dem Erdboden ab, bleiben aber, da sie schwerer sind als die über ihnen lagernden, am Boden liegen, so daß sich über ihnen wärmere Luft befindet. Es tritt also eine Temperaturumkehr (Inversion) ein, infolgedessen sich die wärmste Luftschicht zur Nachtzeit nicht am Boden befindet, sondern in einiger Höhe, so daß die Beobachtung erklärlich wird, daß am Boden Pflanzen erfrieren und hochragende Baumwipfel verschont bleiben.

Nach früheren Versuchen[21]) von Pictet (1778), Marcet (1837), Six (1784), Juhlin (1887) und Martin (1858/60) sollte sich das Temperaturmaximum in einer Höhe von ca 30—60 m über dem Boden befinden. Nun haben aber neuere Untersuchungen bei Luftfahrten eines, auch mehrere Maxima der Temperatur in den verschiedensten Höhen festgestellt.[22]) So fand z. B. Berson[23]) am Boden um 2^{40} a m -4.2^0, um 7^{51} a m in 1522 m Höhe -0.8^0, um 7^{12} a m (kurz vor Sonnenaufgang) in 1695 m Höhe $+0.6^0$. Auf einer anderen Fahrt[24]) stellte derselbe Beobachter in 700 m Höhe $+10^0$ fest, während er eine Viertelstunde früher am Boden -6^0 gemessen hatte.

Süring und Berson[25]) fanden ferner am 1. Juli 1894 um 3^{57} a m 15.3^0 am Boden und um 4^{21} a m 18.3^0 in Höhe von 646 m. Schließlich sei noch eine Fahrt von Süring[26]) erwähnt, welcher um 10^{17} a -0.8^0 am Boden und um 10^{57} a m $+6.1^0$ in 1567 m Höhe feststellte. Demnach tritt ein Temperaturmaximum infolge der Inversion in den verschiedensten Höhen ein, so daß es (selbst bei geringen Höhen) nötig ist, bei allen Temperaturbeobachtungen die Höhe der Thermometeraufstellung in Rücksicht zu ziehen.

Da also die Extreme der Temperatur infolge der oben angedeuteten Ursachen am Boden größer sein werden als in einiger Höhe über demselben, ist es nach den bisher erhaltenen Resultaten klar, daß die „Differenz" bei tiefer Aufstellung der Thermometer größere Werte annehmen muß. Dieser Einfluß der Aufstellung der Thermometer ist bedeutender, wenn die Höhe über dem Boden bis höchstens 2 m beträgt, und nimmt darüber hinaus mit zunehmender Höhe ab.

Ferner ist es ein Unterschied von Bedeutung, ob die Thermometer im freien Felde in einer „Hütte" oder in nächster Nähe von Gebäuden in sogenannten „Fensterstationen" angebracht sind.

Sogar die Art der Hütten ist nicht ohne Einfluß auf die Angaben der Thermometer, und es gibt die „Forstliche Hütte" nach Schubert[27]) noch höhere Werte als die „Englische Hütte".

In Eberswalde fanden die Ablesungen in einer „Forstlichen Hütte" statt bei einer Thermometerhöhe von 1.3 m über dem Boden, so daß sich daraus sehr wohl nach allem oben Gesagten der hohe absolute Wert von „d" erklären läßt. Auch der Unterschied gegen den in Berlin erhaltenen Wert ist nicht mehr auffällig, wenn man bedenkt, daß dort in der Landwirtschaftlichen Hochschule die Thermometer am Fenster in ca. 17 m Höhe abgelesen werden.

Daraus folgt, daß man alle Ablesungen an verschiedenen Orten, selbst wenn sie zu gleicher Zeit stattfanden, nicht ohne Berücksichtigung der besonderen Umstände (Höhe über dem Meere, geogr. Breite, Thermometerhöhe über dem Boden, Nähe von Gebäuden ꝛc.) vergleichen kann, wie es bisher stets geschehen ist. Freilich ist die Reihe der Beobachtungsjahre für Eberswalde sehr kurz und es zeigt sich, wenn wir aus der Tabelle ein beliebiges Jahr herausgreifen, daß sich die Werte bedeutend ändern. Daher habe ich als weiteren Beweis für die Änderung von „d" mit der Thermometerhöhe die Station Potsdam hinzugezogen, weil sich gerade dort eine besonders günstige Gelegenheit bietet, gleichartige und gleichzeitige Temperaturaufzeichnungen in verschiedenen Höhen zu vergleichen. Im „Königl. Meteorologisch-Magnetischen Observatorium" zu Potsdam befinden sich zwei Stationen, die eine auf einem ca. 30 m hohen Turme, die andere am Fuße desselben auf einer Wiese. Die Thermometer befinden sich 2,2 m über der Plattform des Turmes und dem Boden der Wiese.

Die „Differenz" wurde für die Jahre 1893—1901 aus den Tagebüchern berechnet und es ergaben sich folgende Werte:

Jährlicher Verlauf der „Differenz" für Wiese (W) und für Turm (T).

Demnach beträgt die „Kammermann'sche Differenz" in Potsdam für die Turmstation im Jahresmittel d (2p) = 2,45°, d (9p) = 1,5° und für die Station auf der Wiese d (2p) = 3,53°, d (9p) = 1,79°. Die Differenz der absoluten Extreme von „d" beträgt für die Turmstation für d (2p) 1,4°, für d (9p) 1,24° und für die Wiese für d (2p) 1,22° und d (9p) 0,97°.

Tabelle der „Kammermannschen Differenz" für Potsdam (Turmstation).

Jahr	Januar		Februar		März		April		Mai		Juni		Juli		August		Septbr.		Oktober		November		Decbr.	
	2 p	9 p	2 p	9 p	2 p	9 p	2 p	9 p	2 p	9 p	2 p	9 p	2 p	9 p	2 p	9 p	2 p	9 p	2 p	9 p	2 p	9 p	2 p	9 p
1893	5.11	4.13	2.93	1.99	2.18	1.20	3.00	1.24	2.33	1.19	1.83	0.88	1.05	0.24	1.63	0.46	2.51	1.12	2.17	0.86	2.63	1.86	2.18	1.32
94	3.13	2.00	2.87	1.25	3.09	1.81	3.12	1.78	2.55	1.84	1.92	1.37	2.08	1.53	2.23	1.67	2.81	1.41	2.62	1.31	2.07	1.00	2.22	1.32
95	3.28	2.16	3.09	2.02	2.23	1.15	2.91	1.79	2.33	1.56	1.79	0.90	1.61	0.52	1.41	0.53	2.31	1.02	3.10	1.69	2.91	0.94	2.45	1.47
96	2.50	1.67	2.35	1.38	2.32	1.47	1.83	1.55	2.64	1.39	2.21	1.31	1.62	1.20	1.90	1.22	2.66	1.33	3.30	1.59	2.93	1.77	2.47	1.72
97	1.94	1.39	3.79	2.18	2.56	1.56	3.21	2.29	3.20	2.44	1.87	1.31	1.76	1.12	1.69	0.89	2.28	1.30	2.99	1.70	3.34	1.70	2.17	1.30
98	2.24	1.66	2.32	1.38	2.54	1.70	2.56	1.60	2.50	1.60	1.62	0.89	1.68	1.10	2.40	1.02	2.71	1.26	2.59	1.46	3.14	1.69	2.15	1.32
99	2.39	1.54	2.76	1.65	3.33	2.09	2.97	1.54	2.47	1.68	1.79	1.32	1.60	0.69	2.20	0.94	2.03	1.36	3.14	1.75	2.20	1.16	2.92	2.12
1900	2.41	2.28	2.96	1.88	3.10	1.99	2.58	1.75	2.20	1.26	1.93	1.09	1.36	0.86	1.92	0.81	2.76	1.73	2.78	1.20	2.79	1.73	2.06	1.38
01	3.99	2.28	3.98	2.54	3.03	1.61	3.37	1.76	2.74	1.31	1.84	1.04	1.78	0.67	2.13	0.92	3.10	1.39	3.19	1.76	2.49	1.84	2.37	1.64
Max.	5.11	4.13	3.89	2.54	3.33	2.09	3.37	2.29	3.20	2.14	2.51	1.37	2.08	1.53	2.40	1.67	3.10	1.73	3.30	1.76	3.34	1.86	2.92	2.12
Min.	1.94	1.39	2.32	1.25	2.18	1.15	1.83	1.24	2.20	1.19	1.62	0.88	1.05	0.24	1.41	0.16	2.03	1.02	2.59	0.86	2.07	0.94	2.06	1.30
Amplit.	4.17	2.74	1.57	1.29	1.15	0.94	1.54	1.05	1.00	0.95	0.59	0.49	1.03	1.29	0.99	1.21	1.07	0.71	0.71	0.90	1.27	0.92	0.86	0.82
Mittel C°	2.99	2.12	3.01	1.81	2.71	1.62	2.72	1.70	2.44	1.55	1.87	1.13	1.61	0.88	1.95	0.94	2.46	1.32	2.76	1.48	2.61	1.53	2.22	1.51

Turmstation: ht — 31.9; H — 114.8; λ — 13° 4′; φ — 52° 23′. Station auf der Wiese: ht — 2 2; H — 82.9; λ — 13° 4′; φ — 52° 23′.

Tabelle der „Kammermannschen Differenz" für Potsdam (Wiese).

Jahr	Januar		Februar		März		April		Mai		Juni		Juli		August		Septbr.		Oktbr.		Novbr.		Decbr.	
	d (2 p)	d (9 p)	d (2 p)	d (9 p)	d (2 p)	d (9 p)	d (2 p)	d (9 p)	d (2 p)	d (9 p)	d (2 p)	d (9 p)	d (2 p)	d (9 p)	d (2 p)	d (9 p)	d (2 p)	d (9 p)	d (2 p)	d (9 p)	d (2 p)	d (9 p)	d (2 p)	d (9 p)
1893	5.73	4.36	3.30	2.16	3.35	2.01	4.32	1.87	3.43	1.53	3.38	1.65	2.79	1.03	3.04	1.09	3.88	1.65	2.02	1.27	2.76	1.65	2.47	1.58
4	3.61	2.26	2.99	1.84	4.13	2.11	4.08	2.16	3.72	2.08	3.06	1.59	2.88	1.48	2.92	1.64	3.94	1.56	3.44	1.60	2.59	1.36	2.95	1.66
5	3.97	2.30	4.21	2.40	4.31	2.17	4.22	2.22	3.92	2.13	3.58	1.60	2.86	0.78	2.84	0.99	3.64	1.33	4.01	1.95	3.52	1.24	2.78	1.61
6	3.11	1.96	3.33	1.79	3.33	1.84	2.87	1.68	4.05	1.99	3.82	0.90	3.02	1.67	3.53	1.89	3.79	1.87	4.39	2.18	4.02	3.97	2.74	1.73
7	2.16	1.34	4.84	2.46	3.31	1.69	4.38	2.64	3.93	2.16	3.57	1.74	2.62	1.09	3.27	1.40	3.68	1.75	3.99	2.16	3.94	2.06	2.74	1.39
8	2.79	1.77	3.08	1.57	3.32	1.89	3.10	1.67	3.84	1.92	3.32	1.40	3.22	1.57	4.20	1.60	4.43	1.68	3.33	1.67	3.99	1.96	2.63	1.60
9	3.05	1.63	3.26	1.83	4.78	2.57	4.34	1.97	3.42	1.77	3.08	1.63	2.89	1.08	3.95	1.55	3.35	1.56	4.86	2.33	3.11	1.55	3.32	2.20
1900	2.47	1.68	3.48	2.59	3.89	1.99	3.80	2.01	3.25	1.68	3.22	1.46	3.78	1.20	3.27	1.19	4.20	2.20	3.92	1.59	3.28	1.85	2.52	1.66
1	4.64	2.48	4.58	2.59	3.51	1.66	4.72	2.07	4.34	1.73	3.19	1.25	3.17	1.11	3.12	1.06	4.05	1.59	3.84	1.66	3.20	2.12	2.71	1.67
Max.	5.73	4.36	4.84	2.59	4.78	2.57	4.72	2.64	4.34	2.16	3.82	1.74	3.78	1.67	4.20	1.89	4.43	2.20	4.86	2.33	4.02	3.97	3.32	2.20
Min.	2.16	1.34	2.99	1.57	3.31	1.66	2.87	1.67	3.25	1.53	3.06	0.90	2.62	0.78	2.84	0.99	3.35	1.33	2.02	1.27	2.59	1.24	2.47	1.39
Amplit.	3.57	3.02	1.85	1.02	1.47	0.91	1.85	0.97	1.09	0.63	0.76	0.84	1.16	0.89	1.36	0.90	1.08	0.87	2.84	1.06	1.43	2.73	0.85	0.87
Mittel C°	3.50	2.19	3.68	2.13	3.77	1.99	3.98	2.03	3.77	1.88	3.36	1.47	3.03	1.22	3.35	1.38	3.88	1.68	3.87	1.82	3.38	1.97	2.76	1.68

Die Psychrometertemperaturen wurden in Potsdam durch ein Aspirationspsychrometer nach Assmann festgestellt. Diese Psychrometer liefern wohl die besten Werte für die Temperaturen zumal des feuchten Thermometers, während bei unventilierten Psychrometern die Verdunstung und damit die psychrometrische Differenz mit der Windstärke sich ändert[28]); jedenfalls liefern sie aber kleinere Werte als die Thermometer in den Hütten[29]). Man ersieht daraus immer wieder, daß eine brauchbare Prognose nur durch Beachtung der gerade in der Atmosphäre so vielseitigen Einflüsse und nie durch ein mechanisches Verfahren bei der Stellung der Prognose, mag es auch noch so bequem für die Praxis sein, erhalten werden kann.

Da nun in Potsdam die Beobachtungsweise auf dem Turm und auf der Wiese die gleiche war, können wir ohne Bedenken die zu gleichen Zeiten erhaltenen „Differenzen" mit einander vergleichen und finden also hier den Beweis dafür, daß die „Differenz" allgemein mit wachsender Temperatur-Amplitude größer wird."

Wenn wir diesen Satz als vorher schon bewiesen ansehen, ergibt uns die Beobachtung in Potsdam eine Bestätigung der Tatsache, daß die Temperatur-Amplitude der Luft in nächster Nähe des Erdbodens größer ist, als in einiger Höhe über demselben. Denn es beträgt der mittlere Unterschied der „Differenzen" für den Turm und die Wiese für d (2p) 1,08° und für d (9p) 0,29°.

Mittlerer Fehler der Prognose bei Benutzung der „Differenz".

Eine Folgerung, welche übrigens Homén schon andeutete, ergibt sich mit Leichtigkeit aus der Tatsache, daß die „Differenz" für einen bestimmten Ort, da ihre Größe abhängig ist von der Aufstellung der Thermometer (ob hoch über dem Boden, ob Fenster- oder Hüttenstation) von der Art der Thermometer ꝛc., nur für den betreffenden Platz giltig ist, daß man nämlich die „Differenz", wenn sie auf einem Felde, Acker oder Weinberge zur Prognose benutzt werden soll, eigens für diesen Acker ꝛc. bestimmen muß.

Denn bisher vermag man noch nicht eine Formel aufzustellen, mit der man, ähnlich wie aus langjährigen Mitteltemperaturen eines Ortes die Mitteltemperaturen eines anderen, so auch die „Differenz" für einen Ort aus der eines anderen berechnen kann.

Nun sind aber die Eigenschaften der Atmosphäre beständig wechselnde durch die auch unregelmäßig auftretenden Veränderungen der Windstärke, des Luftdruckes, der Feuchtigkeit, der Niederschläge, der Bedeckung des Himmels durch Wolken u. a. m. Erst wenn man Mittelwerte betrachtet, zeigt sich eine gewisse Regelmäßigkeit, die bei langjährigen

Mitteln schon als Gesetzmäßigkeit angesehen werden kann. Da aber verspätet auftretende Nachtfröste durchaus nicht regelmäßig an denselben Tagen erscheinen, ja bei der Aufstellung langjähriger Temperaturmittel sogar die bekannten „gestrengen Herren" oder „Eisheiligen" aus der Reihe der Temperaturmittel nicht mehr zu erkennen sind [30]), so liegt es nahe zu untersuchen, ob nun wirklich die Minima, welche man mit Hilfe der aus Mittelwerten bestimmten „Differenz" berechnen kann, mit den tatsächlich eingetretenen übereinstimmen. Zu diesem Zwecke habe ich (ohne Rücksicht auf das Vorzeichen) die Abweichungen der beobachteten Temperaturminima von den berechneten festgestellt. Für die drei charakteristischen Stationen Berlin, Klaußen, Helgoland habe ich die tägliche „Differenz" für je drei Jahre für d (9 p), (10 p) und für je ein Jahr für d (2 p) berechnet. Für die Berechnung von d (9 p) resp. d (10 p) wurden aus der betrachteten Reihe der Jahre drei nicht zusammenliegende gewählt, gleichsam als Stichproben und zum Überblick über einen längeren Zeitraum; so für Berlin 1888, 1895, 1901; für Klaußen 1870, 1875, 1880; für Helgoland 1875, Juni 1886 bis Juli 1887, November 1900 bis Oktober 1901; desgleichen für d (2 p) für Berlin 1885, Klaußen 1875, Helgoland 1875. Die so erhaltene tägliche „Differenz" wurde mit dem entsprechenden Monatsmittel (von d (2 p) resp. d (9 p), d (10 p) verglichen und die Abweichungen zu monatlichen Fehlermitteln vereinigt, welche aus der folgenden Tabelle zu entnehmen sind, und aus den monatlichen wurden die jährlichen und dreijährigen Fehlermittel festgestellt.

Tabelle für die Abweichung der täglichen „Differenz" von dem Monatsmittel aus mehreren Jahren.

Für d (9 p), (10 p).

Ort	Jahr	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Septbr.	Oktbr.	Novbr.	Decbr.	Mittel
Berlin	1888	1.69	2.24	2.36	2.03	2.03	1.76	1.70	1.53	1.41	1.81	1.70	1.27	1.79
	1895	1.91	1.58	1.83	1.76	1.43	1.47	1.71	1.60	2.06	1.93	1.44	1.58	1.67
	1901	1.68	1.87	1.50	1.97	1.77	1.87	1.34	1.85	1.47	1.84	1.85	1.42	1.69
Klaußen	1870	2.90	4.23	2.70	1.63	2.10	1.77	1.68	1.51	2.08	2.10	1.85	2.84	2.28
	1875	2.87	3.52	3.89	1.88	2.30	1.99	1.66	1.95	1.87	1.54	1.90	4.15	2.46
	1880	3.03	2.41	3.16	2.26	2.17	1.76	1.75	1.47	2.01	1.95	2.00	3.10	2.26
Helgoland . .	1875	1.44	1.22	1.63	1.20	1.11	0.94	1.15	1.24	1.54	1.29	1.28	1.35	1.28
	1886/7	1.21	1.23	0.94	1.11	0.96	0.95	1.12	1.06	1.39	1.05	1.15	1.16	1.17
	1900/1	1.77	1.73	1.19	1.49	1.06	1.05	1.35	1.48	0.95	0.93	1.41	1.75	1.35

Für d (2 p).

Berlin	1885	2.05	1.20	1.70	1.61	1.79	1.92	1.25	1.30	1.77	1.51	1.77	1.35	1.60
Klaußen . . .	1875	2.50	4.15	3.26	2.06	2.73	1.72	1.80	1.74	2.06	2.56	1.90	4.20	2.56
Helgoland . .	1875	0.99	1.13	1.31	1.19	1.20	1.06	1.23	1.02	1.28	1.11	1.21	1.12	1.16

Dreijähriges Mittel von d (9 p), (10 p) für Berlin 1.72° Klaußen 2.33°, Helgoland 1.26°. Für die Station Berlin ergiebt sich also bei Anwendung der „Differenz" zur Prognose des Minimums der Temperatur die beträchtliche mittlere Abweichung von 1.72° (für d [9 p]) und 1.60° (für d [2 p]); für die Station Klaußen 2.33° (für d [10 p]) und 2.56° (für d [2 p]); für die Station Helgoland 1.26° (für d [10 p]) und 1.16° (für d [2 p]).

Oben zeigte es sich, (s. Tabellen und Kurven) daß die „Differenz" d (9 p), welche am Abend festgestellt wurde, kleinere Werte aber nicht durchgehend kleinere Schwankungen aufwies als die Mittagsdifferenz d (2 p). Deshalb erschien d (9 p) für die praktische Prognose brauchbarer als d (2 p), während sich aus der letzten Tabelle ergiebt, daß die entstehenden Fehler bei Anwendung von d (9 p, 10 p) mindestens ebenso groß sind wie die bei Anwendung von d (2 p) auftretenden, wenn nicht gar noch größer wie in Berlin und Helgoland, trotzdem für die Feststellung der Fehlergröße die Monatsmittel von „d" und nicht das von diesem verschieden stark abweichende Jahresmittel benützt wurden.

Nach diesen Ergebnissen kann also die „Kammermannsche Differenz" für die Prognose keinen besonderen Nutzen versprechen. Eine Untersuchung der in Bezug auf schädliche Nachtfröste wichtigsten Monate April, Mai und September zeigt in den fünf Jahren 1890—94 für Berlin sehr wenig Fälle, bei denen ein mittelst der Kammermannschen Methode vorhergesagter Frost einem beobachteten entspräche.

Es finden derartige Fälle, wie folgende Aufstellung ergiebt, nur im Anfange des April 1891 statt, während einige Male Temperaturen unter 0° beobachtet wurden, ohne daß man sie berechnen konnte und umgekehrt Temperaturen unter dem Gefrierpunkt berechnet wurden, welche nicht eintrafen.

Im April, Mai und September 1890—94 eingetroffene resp. vorhergesagte Temperaturen unter 0° für Station Berlin (Landw. Hochsch.).

Jahr	Frost beobachtet Tag	Kältegrad	Frost mit d (2 p) berechnet Tag	Kältegrad	Frost mit d (9 p) berechnet Tag	Kältegrad
			April			
1890	12.	—0.4°	2.	—0.48°		
	14.	—1.0°	11.	—0.38°		
1891	1.	—3.0°	1.	—3.56°	1.	—3.67°
	2.	—1.5°	2.	—3.48°	2.	—0.87°
	3.	—2.3°	3.	—1.84°	3.	—1.97°
	4.	—1.5°	4.	—0.78°	4.	—0.97°
	5.	—0.5°				
	25.	—1.5°	12.	—0.28°	12.	—0.87°

Jahr	Frost beobachtet Tag	Kältegrad	Frost mit d (2 p) berechnet Tag	Kältegrad	Frost mit d (9 p) berechnet Tag	Kältegrad
			April			
1892	14.	—0.5°	15.	—0.58°	15.	—0.67°
	16.	—1.4°				
	20.	—0.9°				
	21.	—0.1°				
1893	12.	—0.5°	13.	—2.48°	13.	—2.14°
	14.	—2.9°	14.	—0.38°		
	18.	—2.4°	17.	—1.28°	17.	—2.09°
1894						
			Mai			
1890/91 1892 1893/94	7.	—0.5°	7.	—0.0	6.	—0.87
			September			
1890/94						

Weitere Einflüsse auf die Differenz.

Es bliebe nun noch übrig zu untersuchen, welche meteorologischen Elemente in ihrem jährlichen Verlaufe auf die Höhe der „Differenz" einen Einfluß ausüben, sodaß ihre Beobachtung von Nutzen sein könnte.

Daher habe ich nach den „Terminbeobachtungen" der Station Berlin (Landw. Hochschule) aus zwanzigjährigen Beobachtungsreihen die Monatsmittel gebildet für Luftdruck, Lufttemperatur, tägliche Temperaturamplitude, absolute und relative Feuchtigkeit, Windstärke und Geschwindigkeit, Bewölkung, Niederschlagshöhe und Sättigungsdefizit. Diese Mittel stimmen nicht genau mit den von der „Deutschen Meteorologischen Gesellschaft" herausgegebenen überein, sind aber für dieselbe Station und die gleiche Jahresreihe wie „d" berechnet und daher für den Vergleich jedenfalls nicht weniger geeignet als die anderen. Die beiden Tafeln III und IV zeigen die Ergebnisse. Nach dieser Zusammenstellung scheinen nur Bewölkung, Niederschlagshöhe und vielleicht die Windgeschwindigkeit auf die Größe von „d" von Einfluß zu sein, (abgesehen von Temperatur und Feuchtigkeit, welche ja durch die Benutzung des feuchten Thermometers den Wert von „d" festlegen) und zwar wird „d" größer bei abnehmender Bewölkung, Niederschlagshöhe und Windgeschwindigkeit. Das heißt: Bei geringer Bewölkung, Windstille und wenig Niederschlag oder (wie man sonst sich auszudrücken pflegte) bei „ruhigem, klaren Wetter" wird „d" größer, fällt das Temperaturminimum weiter unter die um 2 p resp. 9 p beobachtete Temperatur des feuchten Thermometers, ist

also Nachtfrost zu erwarten, eine Tatsache, die den Landleuten freilich schon längst bekannt war.

Zum Schlusse sei mir noch eine kurze

Zusammenstellung der Resultate

erlaubt. Der Übersicht halber und für den bequemeren Vergleich habe ich die Kurven für die Kammermannsche Differenz (d (2p) und d (9p 10p) aller Stationen auf den Tafeln I und II noch einmal zusammengestellt.

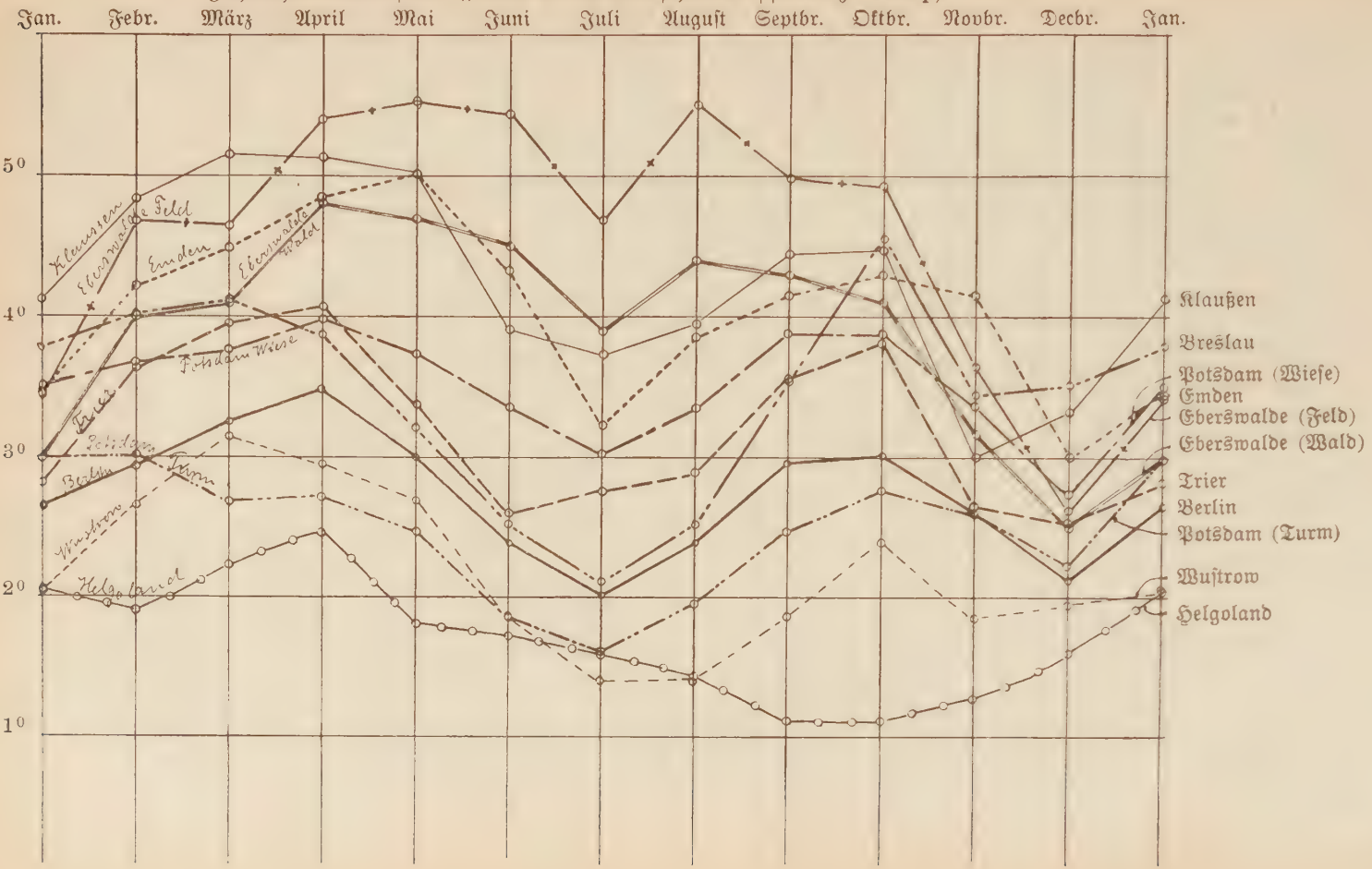
Die zur Vorherbestimmung von Nachtfrösten von Kammermann aufgestellte „Differenz" vergrößert sich allgemein bei zunehmender täglicher und jährlicher Temperaturamplitude, nicht allein bei zunehmender Kontinentalität des Klimas (wobei Waldklima = Seeklima zu setzen ist), sondern auch mit abnehmender Höhe des Beobachtungsortes über dem Erdboden. Besondere Einflüsse anderer Elemente haben sich nicht ergeben, dagegen (zumal bei der von Kammermann der Einfachheit halber empfohlenen mechanischen Verwendung der „Differenz" zur Prognose) haben sich so zahlreiche Fehlerquellen ergeben, und die Fehler nahmen eine derartige Größe an, daß man bei der mangelnden Sicherheit der Angaben diesen Versuch, auf einfache Weise eine Nutzen bringende Prognose zu erhalten, wohl aufgeben dürfte.

Diese Ergebnisse stimmen übrigens auch mit Erfahrungen aus praktischen Versuchen, von denen ich kürzlich erfuhr, völlig überein.

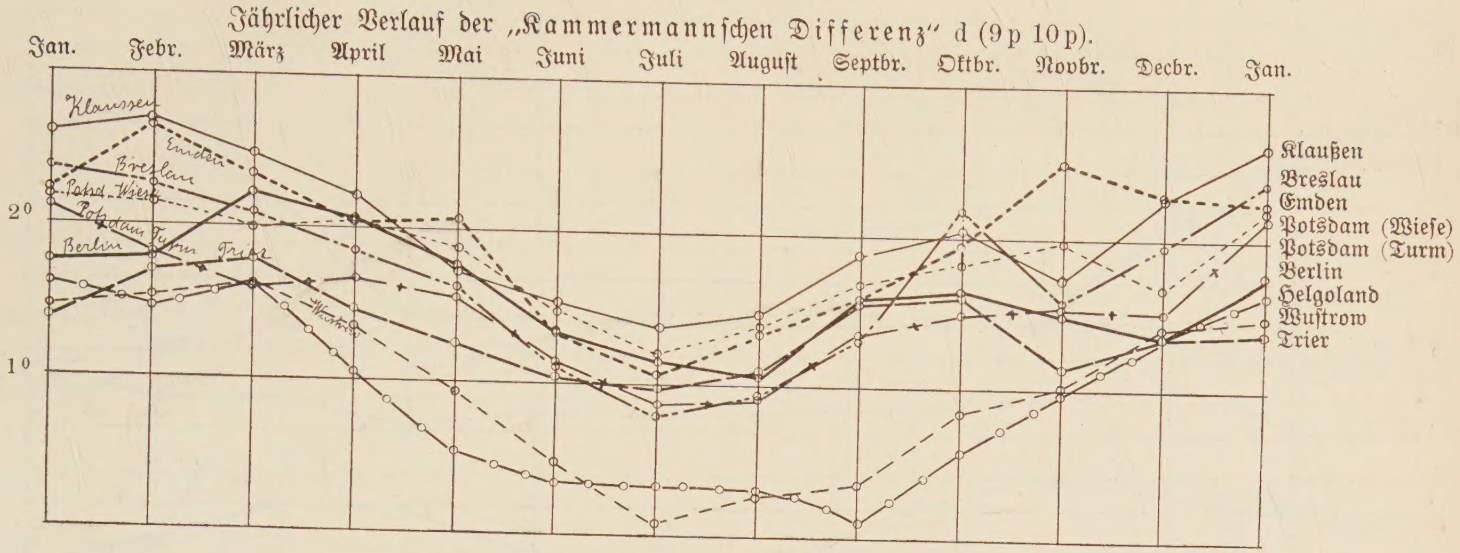
Auch Homén giebt schon an, es sei ihm, trotzdem er zur Nachtzeit mit seinen Thermometern auf dem Felde Beobachtungen anstellte, der einzige schwere und schädliche Frost des Jahres 1880 am 25. August doch entgangen.

Die vorliegende Arbeit wurde in der Zeit vom Juni 1902 bis Januar 1903 angefertigt. Die Herkunft des Materials habe ich schon oben angegeben. An dieser Stelle sei es mir gestattet, nochmals den genannten Herren, Herrn Prof. Dr. Börnstein für die Stellung der Aufgabe und mannigfache Anregung, sowie den Herren Prof. Dr. Kremser, Prof. Schubert und Prof. Dr. Sprung für gütige Überlassung des Materials und freundlichen Rat meinen tiefstergebenen Dank auszusprechen, desgleichen meinem Bruder, Herrn cand. med. Ziegra in Rostock für seine freundliche Hilfe bei der Mittelberechnung der Berliner Terminbeobachtungen.

Jährlicher Verlauf der „Kammermannschen Differenz" (d 2p).

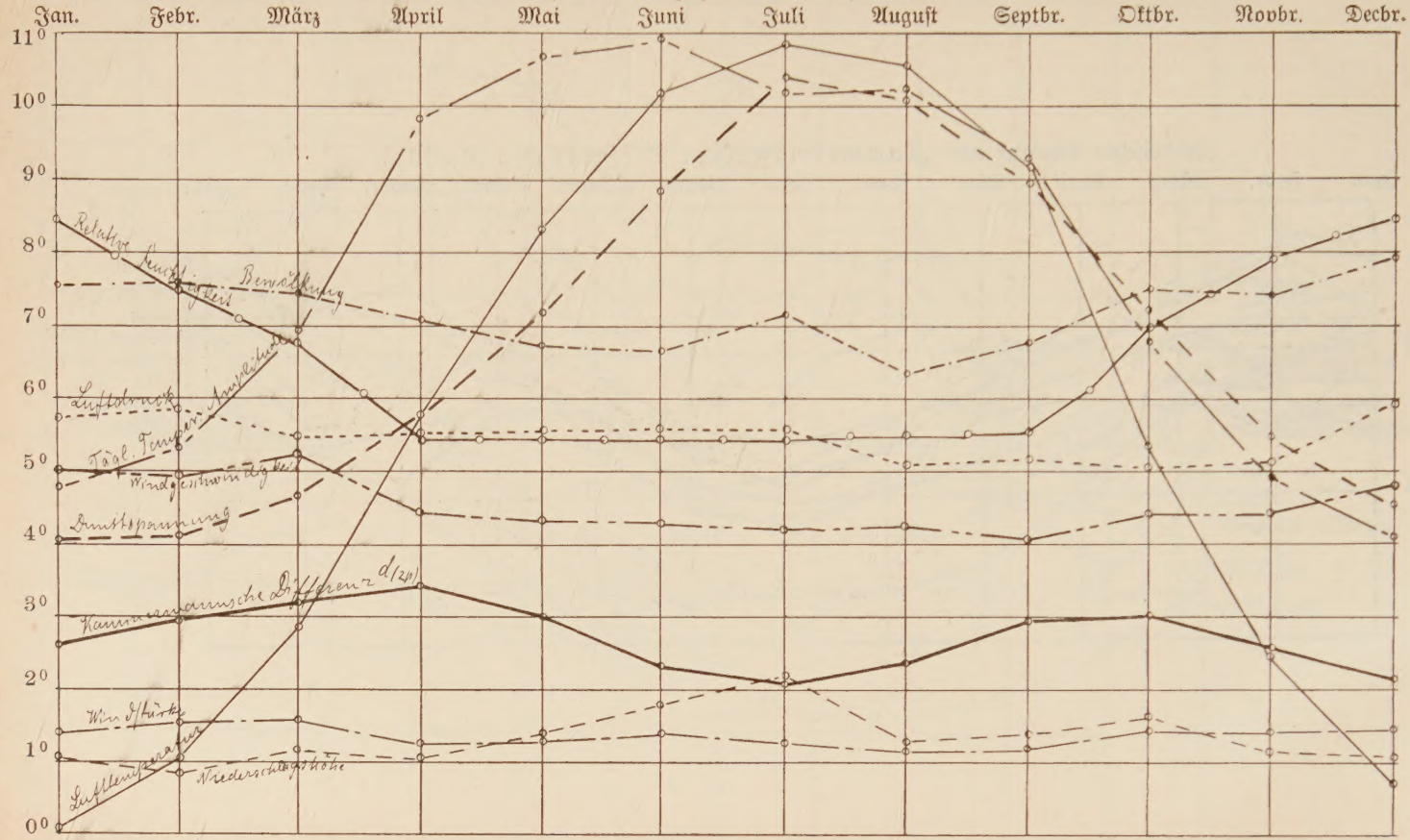


Jährlicher Verlauf der „Kammermannschen Differenz" d (9p 10p).



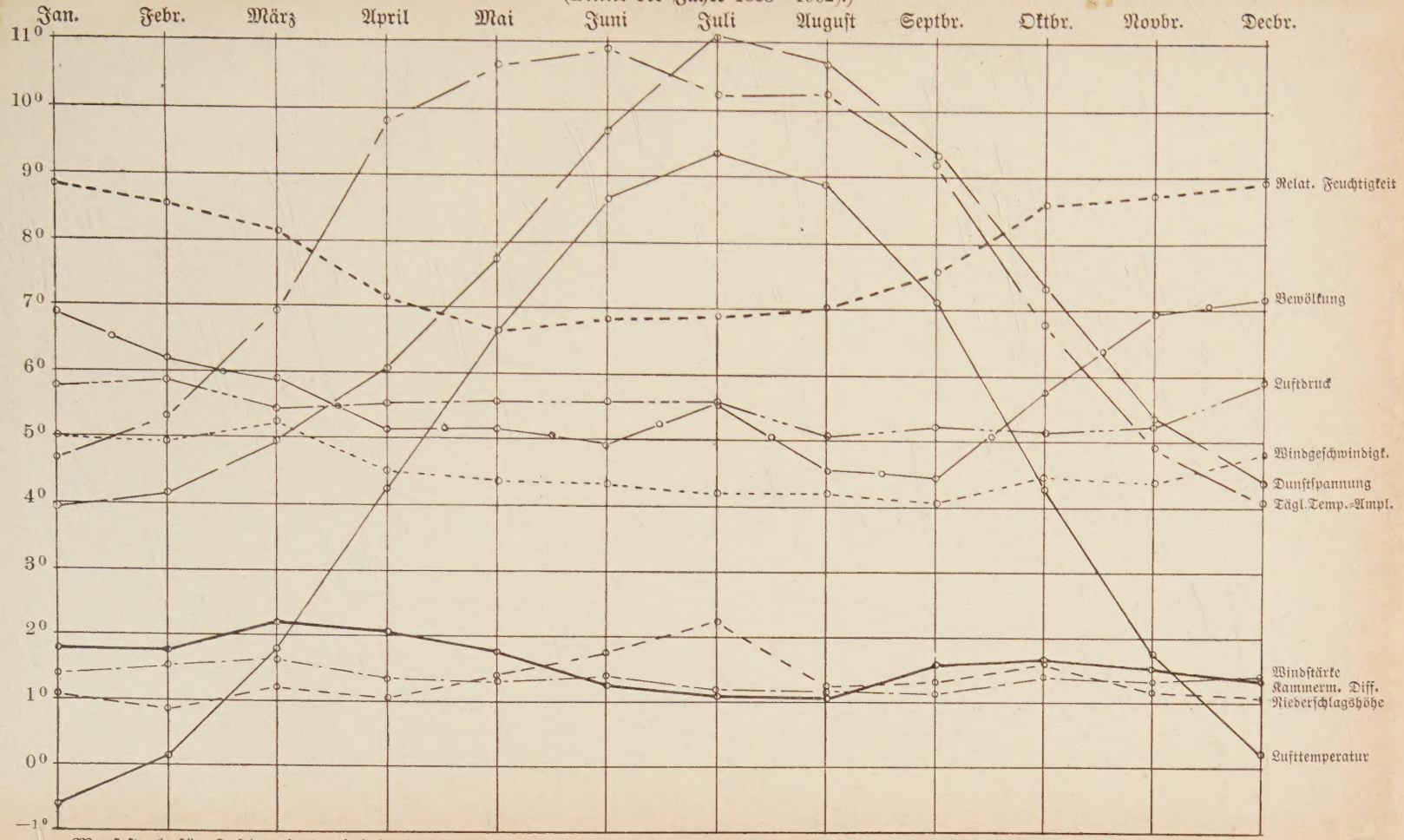
Terminbeobachtungen und „Kammermannsche Differenz (d 2p)“ für Berlin (Landw. Hochsch.)

(Mittel der Jahre 1883—1902).



Maßstab für Luftdruck: 750 mm bei 0 gesetzt. Lufttemperatur: $1^0 = 2^0$ zu setzen. Relative Feuchtigkeit: $1^0 = 10\,\%$ zu setzen.

Terminbeobachtungen und „Kammermannsche Differenz (d 9p)“ für Berlin (Landw. Hochsch.)
(Mittel der Jahre 1883—1902).)



Maßstab für Luftdruck: 750° bei 0° gesetzt. Lufttemperatur: 1° = 2° zu setzen. Relative Feuchtigkeit: 1° = 10 % zu setzen.

Literatur:

[1]) Hann. Klimatologie III. 168.

[2]) Dr. A. Schultz. Mediz. Rat, Berlin, Monatsber. der Gesellsch. für Erdkunde, III. Jahrg. p. 29 1842.

[3]) Derselbe. Bemerkg. zu dem Berichte üb. d. Organisation ein. meteorol. Dienstes im Interesse der Land- und Forstwirtsch., Berlin 1879.

[4]) Dr. Lang, München. Zeitschrift des landwirtsch. Vereins, März 1884. (Luftfeuchtigkeit und Nachtfrost)

[5]) M. A. Kammermann, Genf. Archives des sciences physiques et naturelles. III. Période 1885.

Im Juli 1885. Première étude sur le minimum de nuit.

[6]) Derselbe im Septbr. 1885. Le thermomètre à boule mouillée et son emploi pour la prévision du temps.

[7]) Derselbe im April 1887. Comparaison des indications du thermomètre à boule mouillée dans l' après-midi et le minimum de température pour différents lieux.

[8]) Berthold, Schneeberg. Die Nachttemperatur und. d. feucht. Thermom. Meteorol. Zeitschrift 1886 p. 219.

[9]) Troska, Leobschütz. Zur Vorausbestimmung des nächtl. Minim. Meteorol. Zeitschrift 1886 p. 415.

[10]) Lemström, Om nattfrostera 1880, Hamberg, Om nattfrostera i Sverige åren 1871—1874.

Hällström: Om nattfrostera i Finland 1807.

[11]) Homén. Bidrag till Kännedom af Finlands Natur och Folk 1894. Bodenphysikalische und Meteorologische Beobachtungen mit besond. Berücksicht. des Nachtfrostphänomens.

[12]) (Langley. Untersuchung der Sonnenstrahlung.) Dr. Perntes, Wien darüber Meteorol. Zeitschr. 1886 p. 193.

[13]) Prof. Dr. Börnstein. Leitfaden der Wetterkunde, Braunschweig 1901 S. 9 und 10.

[14]) Doz. Dr. W. Trabert. Meteorologie Leipzig 1901. S. 48

[15]) Prof. Dr. Börnstein. Leitf. d. Wetterk. 1901. S. 15.

[16]) Derselbe S. 16 (die Kurven sind mit gütiger Genehmigung des Verfass. entnommen).

[17]) Prof. Schubert, Eberswalde, Abhandl. des Kgl. Preuß. Meteor. Instituts B I Nr. 7 S. 312, 1901.

[18]) Derselbe. Abhandl. des Kgl. Preuß. Meteor. Instituts B I Nr. 7 S. 313.

[19]) Prof. Dr. Börnstein. Leitf. d. Wetterk. S. 18.

[20]) s. 7)

[21]) s. 11)

[22]) Aßmann u. Berson. Wissenschaftliche Luftfahrten. Braunschweig 1899 und 1900.

[23]) s. [22]) p. 112, Fahrt Bersons mit Ballon Bussard 14. Nov. 1896. Bd. I, Abtlg. 3.

[24]) s. [22]) Bd. I, Abtlg. 3 S. 53. Fahrt Bersons mit Ballon Phönix 12. Jan. 1894.

[25]) s. [22]) S. 76. Sürings und Bersons Fahrt mit Ballon Phönix 1. Juli 1894.

[26]) s. [22]) S. 106. Sürings Fahrt mit Ballon Majestic 4. Dec. 1894.

[27]) s. [17]) S. 311.

[28]) Prof. Schubert. Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen. Berlin 1893 S. 441—56.

[29]) s. [17]) S. 313.

[30]) Prof. Dr. Kremser. Meteorol. Zeitschr. 17 1900, S. 209—14.